Der Stand der Elektrifizierung der Vollbahnen in Europa.

Dissertation zur Erlangung der Würde eines Doktors der Staatswissenschaften (rer. pol.) der rechts- und staatswissenschaftlichen Fakultät der Universität Breslau

vorgelegt von

Diplomvolkswirt
WALTER RADAJ.

Breslau 1927.

Gedruckt mit Genehmigung der rechts- und staatswissenschaftlichen Fakultät der Universität Breslau.

Referent: Professor Dr. Hesse.

R. UNIV. BIBLIOTHEEK LEIDEN

Meinen Eltern
in Dankbarkeit gewidmet.

Inhaltsverzeichnis.

Seite

Vorwort 1

Einleitung: Anlage der Arbeit, Begriffsbestimmungen, Abgrenzung des Themas 3

I. Teil: Die technischen Grundlagen der elektrischen Zugförderung nach ihrem heutigen Stande 8

A. Die Krafterzeugung
1. Wasserkraftwerke 8
2. Wärmekraftwerke 10

B. Die Kraftübertragung (Fernleitung und Unterwerke) und die Stromarten (Systeme) 12

C. Die elektrischen Maschinen 15

II. Teil: Die wirtschaftliche Bedeutung der elektrischen Zugförderung 17

A. Die Vorteile gegenüber dem Dampfbetriebe
1. Als Folge der Verwendung der Elektrizität als Energiequelle 18
2. Als Folge der höheren Leistungsfähigkeit der elektrischen Lokomotive 21
3. Als Folge der besonderen Betriebsweise . . . 24

B. Die Nachteile gegenüber dem Dampfbetriebe . . 28

C. Die wirtschaftliche Bedeutung der elektrischen Zugförderung 32

III. Teil: Der Stand der Vollbahnelektrifizierung in den einzelnen Staaten Europas 34

1. Deutschland 34
2. Die Schweiz 45
3. Italien 53
4. Österreich 57
5. Ungarn 60
6. Frankreich 60
7. Belgien 63
8. Niederlande 63
9. England 64
10. Norwegen 65
11. Schweden 67
12. Spanien 69
13. Portugal 71
14. Rußland 71
15. Finnland 73
16. Tschechoslowakei 73
17. Polen 74
18. Rumänien 74
19. Bulgarien 75
20. Griechenland 75
21. Die übrigen europäischen Staaten . . . 75

Schlußwort 75

Literatur 77

Vorwort.

Das Problem elektrischer Zugförderung ist bisher fast nur von einseitig interessierter Seite dargestellt worden. Den weitaus größten Raum nehmen dabei rein technische Abhandlungen von Vertretern der elektrotechnischen Industrie bezw. der Eisenbahnverwaltungen ein, die sich bis vor nicht allzulanger Zeit nur auf Vorberechnungen und Voranschläge stützen konnten; fast alle diese Abhandlungen erwähnen nur die technischen Eigenheiten des elektrischen Betriebes, ohne auf ihre wirtschaftliche Auswirkung einzugehen. Seit dem Kriege hat die elektrische Zugförderung in Europa an Ausdehnung erheblich zugenommen, und es liegen von einer Reihe von Bahnen bereits abgeschlossene Betriebsergebnisse und zum Teil auch Wirtschaftlichkeitsberechnungen vor. Leider werden über den elektrischen Zugbetrieb in den meisten Fällen nur im Rahmen der allgemeinen Betriebsberichte und auch da nur sehr unvollkommen Angaben gemacht; genauere Einzelberichte werden von den Eisenbahnverwaltungen noch zurückgehalten und bleiben unzugänglich. Das Material, insbesondere für die Behandlung des Standes der Vollbahnelektrifizierung in den einzelnen Ländern, mußte daher für die weiter zurückliegende Zeit den Betriebsberichten einzelner Eisenbahngesellschaften, wie sie von Zeit zu Zeit im Archiv für Eisenbahnwesen erscheinen, für die letzten Jahre den kurzen Notizen in einer Reihe eisenbahntechnischer Zeitschriften bezw. Zeitschriften der elektrotechnischen Industrie entnommen werden.

Über Deutschland, Italien und Norwegen standen wertvolle Artikel in den Monatsheften „Elektrische Bahnen" zur Verfügung. Da über Betriebseröffnungen, Versuchsfahrten, Kraftwerksbauten und ähnl. in den verschiedensten Zeitschriften und Zeitungen jeweils kurze Notizen erschienen sind, ist in der Arbeit an diesen Stellen eine Quellenangabe unterblieben. Zur Vervollständigung und Berichtigung dieser Angaben sind, soweit möglich, die amtlichen Fahrpläne der einzelnen Länder für das Winterhalbjahr 1926/27 herangezogen worden. Für die Oststaaten konnte das Archiv des hiesigen Osteuropa-Instituts mit Vorteil benutzt werden. Eine Reihe wertvoller Einzelangaben über die

wirtschaftliche Auswirkung der elektrischen Zugförderung konnte der in diesem Frühjahr kurz vor Fertigstellung der Arbeit erschienenen „Berichterstattung der Weltkraftkonferenz Sondertagung Basel 1926" entnommen werden.

An Hand des so zusammengetragenen Materials will die vorliegende Arbeit in gedrängter, zusammenfassender Darstellung ein Bild von dem geben, was bisher auf dem Gebiete der Vollbahnelektrifizierung tatsächlich erreicht ist, um auf diese Weise eine Grundlage für die Urteilsbildung über die Bedeutung des Problems der elektrischen Zugförderung zu schaffen.

Für Unterstützung bei der Beschaffung einiger Unterlagen habe ich mehreren Herren Dezernenten und Beamten der Reichsbahndirektion Breslau sowie des Mitteleuropäischen Reisebüros beim Norddeutschen Lloyd in Breslau zu danken.

Herrn Professor Hesse, in dessen Seminar die Arbeit entstanden ist, bin ich für Anregung und Förderung derselben zu größtem Dank verpflichtet.

Einleitung.

Die rasche fortschrittliche Entwicklung der Volkswirtschaft im letzten Jahrhundert ist ohne die gewaltigen Neuerungen und Errungenschaften auf demGebiete der Verkehrsmittel nicht denkbar. Die Begriffe Volkswirtschaft und Verkehr sind untrennbar miteinander verknüpft, und jede Verbesserung der Möglichkeiten der Raumüberwindung ist auch für die Volkswirtschaft ein Schritt vorwärts. Die Ersetzung der menschlichen und tierischen Zugkraft durch die Leistung der fahrbaren Dampfmaschine, der Lokomotive, ist durch ihre Bedeutung für den Verkehr zu Lande zur Grundlage des wirtschaftlichen Fortschrittes des letzten Jahrhunderts geworden. Die Eisenbahn ist das weitaus bedeutendste Verkehrsmittel der Volkswirtschaft geworden und dank ihrer außerordentlich weiten Verbreitung und der technischen Fortschritte auf dem Gebiete des Lokomotivbaues bis zur Zeit geblieben. Der Eisenbahn als Verkehrsmittel, d. h. der Gesamtheit der zur Beförderung von Personen und Gütern auf einem besonderen Schienenwege nötigen Anlagen und sowohl betriebs- als auch verwaltungstechnischen Maßnahmen konnte der Vorrang in der Reihe der Verkehrsmittel zu Lande bisher nicht streitig gemacht werden. Wohl ist aber der verwendeten Kraftquelle, der Dampflokomotive, eine Konkurrentin erwachsen: die elektrische Lokomotive.

Werner von Siemens war seit seiner Erfindung der dynamoelektrischen Maschine im Jahre 1866 eifrig und anhaltend bemüht, die Übertragung mechanischer Arbeit mit Hilfe des elektrischen Stromes zu ermöglichen. Zahlreiche Versuche ließen ihn schließlich eine Möglichkeit finden, den elektrischen Strom beliebig fortzuleiten, zu verteilen und in einer zweiten, ganz gleichen Maschine, die sich nun aber auf Rädern fortbewegen konnte, wieder in mechanische Arbeit umzuwandeln. Diese Erfindung bildet die Grundlage und die Voraussetzung für den Gedanken der elektrischen Zugförderung. Zahlreiche Techniker aller Länder griffen diesen Gedanken auf und waren bemüht, die ersten Versuche Siemens' weiter auszubauen. Dabei wurden naturgemäß die verschiedensten Wege eingeschlagen, die insbesondere für die Art des zu verwendenden Stromes zu verschiedenen

Lösungen führten. Es entstanden auf diese Weise die verschiedenen Systeme, über die weiter unten Genaueres zu sagen sein wird.

Auf fast allen eingeschlagenen Wegen ist man zu Erfolgen gelangt. Seit der ersten von Werner von Siemens erbauten, dem öffentlichen Verkehre dienenden Straßenbahn (1881 bei Groß-Lichterfelde) sind auf dem Gebiete der elektrischen Zugförderung ganz außerordentliche Fortschritte gemacht worden. Die elektrische Maschine begann bald mit der Dampfmaschine in Wettbewerb zu treten, und so mußte fast jedes Land mit nicht ganz unbedeutendem Verkehr der Frage der Bahnelektrifizierung näher treten. Der Weltkrieg hat manche Entwicklung aufgehalten, die Folgen des Weltkrieges haben manches Land der Entscheidung näher gebracht. Eine Untersuchung des augenblicklichen Standes der Vollbahnelektrifizierung erscheint naheliegend und für jeden, der sich mit Verkehrsfragen beschäftigt, von größter Wichtigkeit.

Die vorliegende Untersuchung beschränkt sich räumlich auf Europa. Dieses Gebiet bietet die ersten Versuche und die vielseitigsten Ausführungen von Bahnelektrifizierungen und läßt alle prinzipiellen Probleme zu Tage treten. Die hier gebotenen Beispiele sind so verschieden und gleichzeitig so zahlreich und umfassend, daß sie bei weitem zur Klärung des Problems ausreichen; zudem wäre auch eine Ausdehnung der Untersuchung auf Länder außerhalb Europas an der Schwierigkeit der Beschaffung authentischen Materials gescheitert.

Das Problem ist nun nicht rein wirtschaftlich; elektrische Zugförderung ist zunächst ein technisches Problem. Erst durch die planmäßige Verwendung der auf diesem Gebiete erzielten technischen Errungenschaften für die Wirtschaft wird es zu einem wirtschaftlichen Problem. Den Erörterungen der wirtschaftlichen Seite dieser Frage wird also bei der Behandlung des Themas eine kurze Skizzierung der technischen Grundlagen nach ihrem heutigen Stande vorausgehen müssen.

Für die Untersuchung der wirtschaftlichen Bedeutung der elektrischen Zugförderung müssen die Ergebnisse der mit Dampf betriebenen Eisenbahn als Vergleichsobjekt dienen. Es werden sich dann auf Grund der besonderen technischen Eigenarten des elektrischen Eisenbahnbetriebes sowohl wirtschaftliche wie technische Vorteile als auch Nachteile gegenüber dem Dampfbetriebe ergeben. Diese Vorteile und Nachteile können verschieden bewertet werden, je nachdem man die bei elektrischem Betrieb sich ergebenden

Änderungen mehr von einem nationalen, wirtschaftspolitischen, einem volkswirtschaftlichen oder einem privatwirtschaftlichen Standpunkte aus betrachtet.

Vor Behandlung des Themas sind noch zwei weitere Feststellungen nötig. Es muß durch klare Begriffsbestimmung eine Abgrenzung hinsichtlich des sachlichen Gebietes erfolgen, über das sich die folgenden Untersuchungen erstrecken. Dazu ist eine genauere Angabe darüber unerläßlich, was im Folgenden einerseits unter „Vollbahnen", andererseits unter „Elektrifizierung" verstanden werden soll.

Die wissenschaftlichen Einteilungen der Eisenbahnen gehen zumeist aus von ihrer räumlichen Ausdehnung und ihrer Bedeutung für den Verkehr des Landes. So unterscheidet E. Sax: Hauptlinien, Nebenlinien und Anlagen von eng örtlicher Bedeutung (Lokalbahnen oder Kleinbahnen) [1]. Ganz entsprechend unterscheiden van der Borght und von der Leyen: Hauptbahnen, Nebenbahnen und Vizinalbahnen[2]).

Eine interessante, weiter gehende, wenn auch weniger einheitliche Einteilung gibt Otto Bluhm. Er faßt Haupt- und Nebenbahnen zusammen unter dem Begriff „Vollbahnen" und versteht darunter „vollspurige Eisenbahnen des öffentlichen Verkehrs eines größeren Gebiets". Diesen **Vollbahnen** (a) stellt er gegenüber

b) **Kleinbahnen** (Lokal- oder Vizinalbahnen), voll- oder schmalspurige, dem öffentlichen Verkehr für ein eng begrenztes Gebiet dienende Bahnen,

c) **Städtische Bahnen** (Stadt- Straßen- Überlandstraßen-Städtebahnen) auch wenn sie (wie die Stadt- und Städtebahnen) ihrem Betrieb und ihrer Ausstattung nach einen technisch hauptbahnähnlichen Charakter haben,

d) **Förderbahnen,** voll- oder schmalspurige Bahnen, die nicht dem öffentlichen Verkehr dienen[3]).

Diese Einteilung umfaßt mehr als das, was man unter Eisenbahnen im engeren Sinne versteht, indem sie auch Straßenbahnen, elektrische Förderbahnen usw. einschließt. Der Begriff „Vollbahnen" gemäß dieser Einteilung soll auch dieser Arbeit zu Grunde gelegt werden; es sind also bei der Untersuchung sowohl Haupt- als auch Nebenbahnen berücksichtigt, soweit sie dem öffentlichen Verkehr eines

1) Das Verkehrswesen, 3. Teil, S. 46.
2) v. d. Borght, Das Verkehrswesen, S. 212.
3) O. Bluhm, Der Weltverkehr und seine Technik im 20. Jahrhundert, 1. Band, Seite 145.

größeren Gebietes dienen, und es sind andererseits Stadtbahnen, auch wenn sie hauptbahnähnlichen Charakter haben, nicht in die Betrachtung einbezogen. Abweichend von der Bluhm'schen Definition soll jedoch das Merkmal der Vollspur für die Einreihung einer Bahn unter den Begriff Vollbahn nicht ausschlaggebend sein. Die Spur der Eisenbahnen ist in den einzelnen Staaten Europas sehr verschieden; das weitest verbreitete Maß ist 1,345 m, und dieses Maß wird gemeinhin unter Vollspur verstanden. Für manches Land kann jedoch eine Bahn mit geringerer Spurweite durchaus den Charakter einer Vollbahn aufweisen, zumal wenn sich die Wahl dieser geringeren Spurweite lediglich aus technischen Gründen (z. B. bei starker Unebenheit des Geländes) ergeben hat. Dem Spurmaß kann als Bestimmungsfaktor also nur secundäre Bedeutung beigemessen werden.

Vollständig unberücksichtigt bleiben die Besitzverhältnisse der Bahnen. Staatsbahnen, in eigener oder fremder Verwaltung, und Privatbahnen werden unterschiedslos gleichmäßig behandelt.

Auch für den Begriff „Elektrifizierung" ist eine Abgrenzung notwendig. Es handelt sich zunächst grundsätzlich um die Ersetzung der Dampfmaschine durch eine Maschine mit elektrischem Motor. Es scheiden also von vornherein alle anderen Möglichkeiten der Einführung einer neuen Zugkraft aus. Die zahlreichen Versuche mit Thermo- und Turbolokomotiven, mit Maschinen mit Explosionsmotoren mit und ohne elektrischer Übertragung haben zwar schon zu recht guten Erfolgen geführt, doch hat die Einstellung solcher Maschinen in den Zugförderungsdienst noch nicht den Umfang angenommen, um die Möglichkeit einer allgemeinen Einführung und die Rentabilität eines solchen Beginnens als sicher bezeichnen zu können. (An den Vorzügen, die diese Betriebsformen in Einzelfällen aufweisen können, soll damit nicht gezweifelt werden.)

Die Verwertung elektrischer Energie zur Zugkraft kann wiederum in verschiedener Weise vorgenommen werden. Entweder kann die elektrische Energie einer Maschine in einer bestimmten Menge zugeführt und in ihr aufgespeichert werden, oder sie wird der Maschine durch eine Stromleitung längs der Bahnstrecke fortlaufend zugeführt.

Im ersteren Falle ergibt sich die Beförderung mittels sogenannter Speichertriebwagen, die jedoch, da die Maschinen immer wieder aufgefüllt werden müssen, für große Entfernungen und hohe Dauerleistungen garnicht in Verwendung kommen können. Speichertriebwagen werden daher auf

solchen kurzen Linien mit Vorteil verwandt, wo der Verkehr leichte Züge in schneller Folge fordert. Ihre Vorzüge zeigen sich umsomehr, je größer die zu überwindende Steigung und je höher die Zahl der Reisenden ist.

Im letzteren Falle entnimmt die Maschine mit Hilfe eines Gleitbügels der Stromleitung die jeweils benötigte Energie. Nur diese Form der elektrischen Zugförderung soll im Folgenden behandelt werden. Eine derartige Begrenzung ist nicht nur dadurch gerechtfertigt, daß zwischen dieser Form elektrischer Zugförderung einerseits und sowohl elektrischen Triebwagen als sonstigen Motorwagen andererseits grundsätzliche Unterschiede in Betriebsanlage und Betriebsführung bestehen, sondern empfiehlt sich auch schon deshalb, weil lediglich für diese Form brauchbare Betriebsergebnisse in genügender Zahl vorliegen.

I. TEIL.

Die technischen Grundlagen der elektrischen Zugförderung nach ihrem heutigen Stande.

A. Die Krafterzeugung.

Die technische Grundlage der elektrischen Zugförderung liegt in der Möglichkeit, elektrischen Strom beliebig fortzuleiten und an gewünschter Stelle in mechanische Energie umzuwandeln. Das technische Prinzip ist also folgendes: Erzeugung von Strom in Generatoren, (d. i. Maschinen, durch die mechanische Energie in elektrische umgewandelt wird), Fortleitung des Stromes, Abnahme des Stromes durch einen Elektromotor (d. i. eine Maschine, die elektrische Energie in mechanische umwandelt).

Die Stromerzeugung erfolgt in Kraftwerken, die man nach Art der verwendeten Energiequelle einteilt in Wasserkraftanlagen und Wärmekraftanlagen. In dem einen Falle wird die Arbeitskraft des Wassergefälles, in dem anderen die in den verschiedenen Brennstoffen enthaltene Wärmemenge ausgenutzt.

Das Wasserkraftwerk setzt also das Vorhandensein eines Wassergefälles voraus. Je stärker das Gefälle einer bestimmten Wassermenge ist, um so größer ist auch die in ihr schlummernde Arbeitskraft. Es kommen demnach für die Anlage von Wasserkraftwerken in erster Linie gebirgige Gegenden in Frage. Da aber in diesen die von den Wasserläufen mitgeführten Wassermengen im allgemeinen nicht sehr groß sind und in den einzelnen Jahreszeiten stark schwanken, wird sich fast immer die Notwendigkeit der Aufspeicherung in einem Stausee ergeben. Von diesem aus wird das Wasser in besonderen Rohrleitungen den Turbinen des Kraftwerkes zugeführt, deren Bewegung auf die Generatoren (Dynamomaschinen) übertragen wird. Auf diese Weise kann man mit den neuesten und besten Turbinen bis über 90% der in dem Wassergefälle verfügbaren Energiemengen nutzbar machen und ganz außerordentliche

Maschinenleistungen erzielen [1]). So beträgt im Walchenseewerk, das die 200 m hohe Gefällstufe zwischen dem Walchensee und dem Kochelsee (Oberbayern) ausnützt, die mittlere verfügbare Jahresarbeit 180000000 kwh [2]). Am Niagarafall ist eine Turbinenanlage eingerichtet, durch die bis zu 1000000 PS dauernd gewonnen werden können [3]).

Derartig hohe Leistungen können jedoch meist nur auf Grund außerordentlich schwieriger und umfangreicher Kunstbauten erzielt werden. Gerade das Walchenseewerk ist ein äußerst lehrreiches Beispiel für die Schwierigkeit und Kostspieligkeit einer solchen Gesamtanlage; es sei deshalb hier kurz skizziert [4]). Das Werk nutzt, wie bereits angeführt, den Höhenunterschied zwischen Walchensee und Kochelsee aus. Da die aus dem Einzugsgebiet des Walchensees verfügbare Wassermenge nicht ausreichend war, mußte sie durch Überleitung von Wasser aus der Isar vergrößert werden. Zu diesem Zwecke mußte die Isar durch ein Wehr aufgestaut und ein Teil des Wassers durch eine Regulierschleuse mit anschließendem Kanal, der auf seinem Wege einen Bach und eine Staatsstraße zu unterfahren und die Wallgäuer Höhenrücken zu durchqueren hat, dem Walchensee zugeführt werden. Um diesen als Vorrats- und Ausgleichs-Becken benutzen zu können, mußte sein natürlicher Abfluß, die Jachen, durch eine Regulierungsschleuse abgesperrt werden, sodaß sie nur noch die Hochwasser aufzunehmen hat. Für die Zuführung des Wassers zu dem am Kochelsee gelegenen Werk war weiter zwischen Walchensee und Kochelsee der Bau eines 1200 m langen Druckstollens, eines insgesamt 36 m hohen, 10000 cbm. fassenden Wasserschlosses und einer 6 röhrigen Druckleitung nach dem Werk notwendig. Zur Aufnahme des durch den Betrieb des Walchenseewerks dem Kochelsee und der Loisach (dem natürlichen Abfluß des Kochelsees) zugeleiteten Wassermengen mußte letztere durch Baggerungen und Korrektionsmaßnahmen entsprechend erweitert und schließlich ein besonderer Kanal nach der Isar errichtet werden.

Aus dieser kurzen Skizze erhellt, wenn man nun noch die umfangreiche Anlage der eigentlichen Kraftstation in Betracht zieht, welche außerordentlichen Hindernisse es bei dem Bau eines Wasserkraftwerkes zu überwinden gilt und

---

[1]) Vergl. Berichterstattung I, Seite 110 ff. Der Deutsche Wasserturbinenbau, S. 147 ff. Die hydraulischen Maschinen der Wasserkraftwerke.

[2]) A. Menge, Das Walchenseewerk, in Elektrische Bahnen 1. Jahrg. S. 55.

[3]) F. Proske, Naturlehre Braunschweig 1916, S. 333.

[4]) Nach A. Menge, a. a. O.

welch bedeutendes Werk eine solche Gesamtanlage darstellt[1]). Ist sie jedoch erst einmal fertiggestellt, so bietet sie eine reichhaltige und gleichzeitig unerschöpfliche Energiequelle.

Anders liegen die Verhältnisse bei einem Wärmekraftwerk. Für den Betrieb eines Wärmekraftwerkes sind fortlaufend Heizstoffe notwendig. Diese Heizstoffe können natürliche oder künstliche, feste, flüssige oder gasförmige sein. Zur Verwendung kann Steinkohle (auch staubhaltige und Abfallkohle), Braunkohle, Torf, Mineralöl und Gas gelangen. Je nach Art des verwendeten Heizstoffes ist der Standort des Kraftwerkes verschieden; er wird in erster Linie bestimmt durch die Lage des Brennstoffvorkommens und die Transportierbarkeit des Heizstoffes.

Am unbedeutendsten ist die Verwendung von Gas als Wärmequelle. Für die Fortleitung der nicht sehr zahlreichen gasförmigen, in der Natur vorkommenden Brennstoffe[2]) kommen nur verhältnismäßig kurze Rohrleitungen in Frage. Immerhin hat die Technik auf dem Gebiete der Gasfernleitung gerade in letzter Zeit ganz außerordentliche Erfolge zu verzeichnen, sodaß das Problem technisch als gelöst zu betrachten ist[3]). Für die Verwendung von Gas lassen sich zwar Maschinen mit verhältnismäßig hoher Leistung und gutem Wirkungsgrad bauen, jedoch sind sie wenig überlastbar und außerordentlich kostspielig in der Anlage wie in den Unterhaltungskosten. Hinzu kommt, daß die Gasmaschinen einen verhältnismäßig großen Platz beanspruchen. Die Versuche mit Gasturbinen sind noch nicht so weit gediehen, um sie in größeren Kraftwerken verwenden zu können. Zur Herstellung des Gases sind — abgesehen von seiner Gewinnung als Nebenprodukt im Hochofenprozeß — besondere Gaserzeugungsanlagen nötig, in denen Steinkohle, Braunkohle und Torf unter Gewinnung wertvoller Nebenprodukte, insbesondere Teer, zur Verarbeitung gelangen.

---

[1]) Die Anlagekosten des für deutsche Verhältnisse wirtschaftlich sehr günstigen Walchenseewerks betrugen nach Preisen von 1914 Mk. 400,— pro kW aufgestellter Maschinenleistung. (Berichterstattung I., S. 319.)

[2]) Pennsylvanien, Halbinsel Abscheron (ewige Feuer, Feueranbeter) am Kaspischen Meer.

[3]) Die Versuche, die bisher im Ruhrgebiet und im Elsaß gemacht wurden, Gas unter hohem Druck ohne wesentliche Verluste auf Entfernungen von über 100 km zu leiten, waren so erfolgreich, daß praktisch die Möglichkeit besteht, Kohlengebiete Deutschlands, die sich durch gute Gaskohle auszeichnen, mit allen Teilen Deutschlands durch Leitungen zur Ferngasversorgung zu verbinden. (Verkehrst. Woche 21. Jahrg. Heft 10.)

Näherliegender, jedoch ebenso für einen Großbetrieb noch wenig geeignet, ist die Verwertung flüssiger Brennstoffe (Petroleum, Benzin, Benzol, Teeröl u. a.) zum Antrieb von Generatoren. Hier ist es in erster Linie der Dieselmotor, mit dem sich ein recht beachtlicher Wirkungsgrad erzielen läßt. Aber auch bei ihm zeigt sich der Mangel an Überlastbarkeit und der Nachteil großer Anlagekosten. Der Verwendung des Petroleums als Heiz- und Brennstoff tritt man zur Zeit in Rußland durch den Bau einer Reihe von Naphta-Kraftwerken näher.

Im allgemeinen findet jedoch die Gas- und Ölfeuerung nur bei den Wärmekraftwerken als Zusatzfeuerung zur schnellen Erhöhung der Dampferzeugung Anwendung. Die weitaus größte Bedeutung und weiteste Verbreitung hat zweifellos die Verwendung von festen Brennstoffen, vor allem Steinkohle, Braunkohle und Torf. Von diesen weist besonders die Steinkohle eine verhältnismäßig große Transportfähigkeit auf, sodaß der Standort der Dampfkraftwerke bei weitem nicht in dem Maße rohstofforientiert ist, wie bei einem Wasserkraftwerk. Wenn die Transportkosten des jeweils zu verwendenden Brennstoffes auch stets ihren Einfluß geltend machen, so wird es doch immer möglich sein, das Kraftwerk so in die Nähe des mit Strom zu versorgenden Bahnnetzes zu legen, daß übermäßig große Fernleitungen vermieden werden.

Ein sehr großer Vorteil der Dampfkraftwerke liegt in der hohen Ausnutzbarkeit der Brennstoffe. So können durch neuzeitige Dampfkesselanlagen bis zu 70 % der in der Kohle enthaltenen Energie nutzbar gemacht werden. Die Antriebsmaschinen können Kolbenmaschinen (und zwar Dampf- und Explosionsmaschinen) oder Turbinen sein. Den größeren Wirkungsgrad weisen die Dampfturbinen auf, bei denen die verhältnismäßig großen Energieverluste der Kolbendampfmaschine, die von der Reibung im Dampfzylinder und in der Steuerung herrühren, vermieden werden. Die Dampfturbine gestattet die Vereinigung der größten Leistung in einer Maschinengruppe (70000 kW); die Kolbendampfmaschine ist beschränkt auf kleinere Leistungen (etwa 4000 kW). Neuere Bestrebungen in der Technik haben es ferner ermöglicht, der Kohle vor ihrer Verfeuerung in besonderen Schwelanlagen Urteer zur weiteren Gewinnung von Benzin, Gasöl, Schmieröl, Leuchtöl usw. zu entziehen, wodurch die Wirtschaftlichkeit des Kohlenverbrauchs ganz außerordentlich gesteigert wird.

B. Die Kraftübertragung (Fernleitung und Unterwerke) und die Stromarten (Systeme).

Der in den Kraftwerken erzeugte Strom kann verschiedener Natur sein. Je nach Art der verwendeten Generatoren erhält man Gleichstrom, Einphasen-Wechselstrom oder Dreiphasen-Wechselstrom (Drehstrom). Für die elektrische Zugförderung sind alle drei Stromarten verwendbar und auch bereits zur Anwendung gelangt. Nach den bisherigen Erfahrungen hat jede Stromart unter gewissen Voraussetzungen ihre Berechtigung; jedes der drei Stromsysteme ist technisch erfolgreich und einwandfrei anwendbar. Diese Erkenntnis hat den noch vor wenigen Jahren mit aller Heftigkeit geführten Systemstreit beendet. Für die Wahl kommen nur noch wirtschaftliche Gesichtspunkte in Frage, die insbesondere darauf gerichtet sind, ob besondere Bahnstromerzeugungsanlagen errichtet werden sollen oder ob es vorteilhafter erscheint, den Bahnstrom aus dem allgemeinen Licht- und Kraftstromnetz zu beziehen[1]). Daneben wird die Entscheidung für die eine oder die andere Art nicht zuletzt auch davon abhängig sein, für welche Stromart die elektrotechnische Industrie des betreffenden Landes die leistungsfähigsten und besten Anlagen und Maschinen herzustellen imstande ist. Eine Reihe europäischer Staaten hat sich für den einphasigen Wechsel-Strom entschieden (Deutschland, Österreich, Schweden, Norwegen, Schweiz), jedoch haben wir auch in diesen Ländern noch Beispiele für die anderen Stromarten. Daß sich ein Land auf ein bestimmtes System festlegt, wird im Interesse der Einheitlichkeit und der daraus sich ergebenden Vorteile wohl stets zu erstreben sein; ein unbedingtes Übereinstimmen der Systeme aller Länder, also ein Einheitssystem, ist ebensowenig unerläßliche Notwendigkeit wie eine einheitliche Spurweite. 1925 wurden von allen elektrischen Bahnen Europas betrieben mit

Gleichstrom	37,2%
Drehstrom	22,2%
Einphasenstrom	40,6%[2]).

Die zur Zugförderung benutzte Stromart muß nicht direkt in dem Kraftwerk erzeugt werden. Oft wird den an der Strecke verteilten Unterwerken vom Kraftwerk eine andere Stromart zugeführt, als diese an die Fahrdrahtleitung als

[1]) Vergl. die Verhandlungen auf der Wärmekraftkonferenz in Basel 1926.

[2]) Nach einer Statistik von F. H. Shepard, Direktor der Westinghouse E. M. Co. Vergl. W. Reichel, Gestaltung elektrischer Lokomotiven S. 36.

Bahnstrom abgeben. Der Strom wird dann in diesen Unterwerken in besonderen Umformeranlagen umgewandelt. Da diese sowohl eine finanzielle Mehrbelastung bei der Anlage als auch eine Vergrößerung der Störungsmöglichkeiten darstellen, erscheint es im allgemeinen angebracht, solche Umformerwerke zu vermeiden. Dies wird naturgemäß immer dann geschehen, wenn für die Bahnstromerzeugung besondere Kraftwerke errichtet sind. Es kann jedoch wirtschaftlich von Vorteil sein, von der Möglichkeit des Anschlusses an ein bestehendes Starkstromnetz Gebrauch zu machen; in diesem Falle ist die Errichtung von Umformeranlagen unumgänglich.

Zur Energieübertragung auf große Entfernungen sind aus ökonomischen Gründen hohe Spannungen erforderlich; für diesen Zweck kommen nur Wechsel- und Drehstrom in Betracht, die durch Transformatoren in Ströme von beliebig hoher Spannung umgeformt werden können (Wechselstrom bis zu 60000 Volt). Die hochgespannten Ströme erfordern nur sehr dünne Leitungsdrähte und verlieren gleichwohl nur einen geringen Teil ihrer Energie in Form von Stromwärme. In den Unterwerken (bezw. Transformatorstationen) wird dann der Strom durch entsprechende Transformatoren auf die für die elektrischen Maschinen notwendige geringere Spannung „heruntertransformiert" und in die einzelnen Abschnitte der Fahrdrahtleitung geschickt.

Die erste Kraftübertragung auf größere Entfernungen (175 km) wurde 1891 zwischen Lauffen a. Neckar und Frankfurt a. Main nach dem Drehstromprinzip eingerichtet; hochgespannter Wechselstrom fand Anwendung bei den Schnellbahnversuchen in Berlin 1901—1903.

Die verschiedene Bedeutung der Kraftübertragung bei den einzelnen Stromarten ist für die Entscheidung für eine dieser Arten von besonderer Wichtigkeit. Bei Gleichstrom ist die charakteristische Anordnung folgende: er wird im Kraftwerk mit einer Spannung von 500—600 Volt direkt erzeugt oder in Unterwerken, die eine beliebige Stromart mit hoher Spannung erhalten, mit Hilfe von Generatoren, Transformatoren oder Kommutatoren in Gleichstrom mit gewünschter Spannung umgewandelt. Da für Gleichstrommaschinen die Spannung nicht mehr als 600 Volt betragen darf, sind sehr starke und damit sehr teure Fahrdrahtleitungen (Schienen) notwendig, was die Gesamtanlage verteuert, wozu noch die nicht unerheblichen Energieverluste in den Kommutatoren und in der Leitung sowie in der Maschine bei Veränderung der Fahrgeschwindigkeit treten.

Demgegenüber bietet der Wechselstrom unleugbare Vorteile. Er kann leicht in der Wechselstrommaschine mit hoher Spannung erzeugt oder in Transformatoren auf hohe Spannung gebracht werden, sodaß die Energieübertragung wirtschaftlicher wird, da der Leitungsdurchschnitt und damit der Kupferbedarf wesentlich vermindert wird. An der Strecke haben die Unterwerke nur noch die Bedeutung von Transformatorstationen. Dabei weist der Dreiphasenwechselstrom noch einige Nachteile auf. Bei seiner Verwendung sind zumindest zwei Fahrdrahtleitungen (als dritte dienen die Schienen) nötig, die wiederum die Störungsquellen vermehren und zudem recht umständliche Konstruktionen an Weichen und Kreuzungen, insbesondere also auf Bahnhöfen verursachen. Weiterhin haben die Motoren nur eine konstante stets gleich bleibende Geschwindigkeit, im Gegensatz zu den Motoren der anderen Systeme.

Die Vorteile des Einphasensystems ergeben sich aus der Verwendung nur einer Fahrdrahtleitung bei hoher Spannung, der Anpassungsfähigkeit der Motoren an alle verschiedenen Geschwindigkeiten, den geringen Energieverlusten in Leitung und Motoren u. a. m. Die prinzipielle Anordnung bei Einphasenwechselstrom ist folgende:

1. Erzeugung des Stromes im Kraftwerk.
2. Aufspannen auf eine für die Fernübertragung geeignete hohe Spannung.
3. Fortleitung des Stromes nach den an der Strecke verteilten Unterwerken.
4. Abspannen des Stromes auf die Fahrleitungsspannung.
5. Zuführung des Stromes in die einzelnen Abschnitte der Leitung.

Diese Anordnung ist auch von der Deutschen Reichsbahn zur Regel erhoben worden.

Ein unbedingter Vorteil eines Systems in seiner Gesamtanlage läßt sich nicht mit absoluter Bestimmtheit vertreten. In Bezug auf die konstruktive Durchführung der Anlage erscheint der Gleichstrom wegen der Notwendigkeit zahlreicher Unterwerke, der Drehstrom wegen seiner mehrfachen Fahrleitung im Nachteil. Hinsichtlich der Anlagekosten ergibt sich aus den gleichen Gründen und aus den höheren Kosten der Generatoren für Gleichstrom ebenfalls ein Vorteil für das Einphasensystem. Andererseits ist die Unterhaltung der Einphasenmotoren kostspieliger als die der anderen. Eine Reihe von solchen und ähnlichen Feststellungen führte zu der Annahme, daß Gleichstrom für Linien mit starkem Verkehr und zahlreichen, dicht hintereinanderliegenden Haltestellen (Stadtbahnen), Drehstrom

für Gebirgsstrecken mit schwachem Verkehr, Wechselstrom für lange Strecken mit starkem Verkehr am geeignetsten seien[1]). Es darf jedoch nicht übersehen und muß immer wieder betont werden, daß es nicht zwei Strecken mit elektrischem Betrieb verschiedenen Systems gibt, die in den Vorbedingungen und Grundlagen so ähnlich sind, daß ihre Betriebsergebnisse miteinander verglichen werden könnten und man so zu brauchbaren Vergleichsergebnissen gelangen könnte.

C. Die elektrischen Maschinen.

Über die Bedeutung der bei den einzelnen Systemen zur Verwendung gelangenden elektrischen Motorwagen und ihre Gestaltung kann man zu keinem abschließenden Urteil gelangen, ohne auf die sehr komplizierten und rein technischen Einzelheiten einzugehen. Es sei deshalb hier nur wiederholt, daß die Technik in der Lage ist, für alle Arten brauchbare und leistungsfähige Maschinen herzustellen. Insbesondere ist es möglich, Maschinen zu bauen, deren Leistungsfähigkeit bei gleichem bezw. geringerem Eigengewicht wesentlich höher als die der stärksten Dampflokomotiven ist. Als Beispiel seien hier die Zahlen für zwei Lokomotiven angeführt, die der Deutschen Reichsbahn zu Beginn dieses Jahres geliefert worden sind. Die eine, eine Zweizylinder-Einheits-Heißdampf-Schnellzugs-Lokomotive, die als zur Zeit leistungsfähigste Schnellzugsdampflokomotive Europas zu bezeichnen ist, hat dienstbereit ein Gewicht von 179 Tonnen (wovon 60,13 Tonnen auf die treibenden Achsen entfallen) und vermag vorübergehend 2750 PS zu leisten. Die andere, eine elektrische Schnellzugslokomotive und zur Zeit stärkste Maschine der Deutschen Reichsbahn leistet bei einem Dienstgewicht von 122 Tonnen bis zu 3700 PS[2]).

Die höhere Leistungsfähigkeit der elektrischen Lokomotive zeigt sich weiterhin in ihrer Fähigkeit, wesentlich höhere Geschwindigkeiten zu erreichen. Die oben erwähnte Dampf-Schnellzugslokomotive befördert ein Zuggewicht von 600 Tonnen mit einer Stundengeschwindigkeit von 115 km. Mit elektrischen Lokomotiven wurden bereits bei den Schnellbahnversuchen auf der Strecke Marienfelde—Zossen b. Berlin in den Jahren 1901—3 (von der Studiengesellschaft für elektrische Schnellbahnen mit den beiden von Siemens & Halske und der Allgemeinen Elektrizitäts-Gesellschaft

[1]) W. Reichel: Die Gestaltung elektrischer Lokomotiven S. 36 ff.
[2]) Deutsche Allgemeine Zeitung vom 16. 1. 27.

erbauten Schnellbahnwagen) Geschwindigkeiten von über 200 km/h erreicht.

Der technische Vorgang bei der Arbeitsleistung einer elektrischen Lokomotive ist dabei folgender: Mit Hilfe eines Gleitbügels wird der Strom von der Fahrdrahtleitung abgenommen und dem Motor zugeführt, der ihn in mechanische Arbeit umwandelt; die Bewegung des Motors wird dann durch Kurbelgetriebe mit oder ohne Zwischenschaltung eines Zahnradgetriebes oder durch Einzelachsantrieb auf die Triebräder übertragen. Der Arbeitsvorgang ist also gegenüber der Dampflokomotive ein verhältnismäßig einfacher.

Aus der Verwendung der elektrischen Lokomotive mit ihrer besonderen Arbeitsleistung und hohen Leistungsfähigkeit zur Zugförderung, überhaupt aus der Verwendung der aus den verschiedenen Energiequellen gewonnenen Elektrizität mit all den eben angeführten technischen Grundlagen ergibt sich ein vollständig andersartiger Eisenbahnbetrieb als bei dem Gebrauch von Dampflokomotiven. Wie sich bei der Verwendung der Elektrizität zur Zugförderung der Eisenbahnbetrieb gestaltet, wie er sich vor allem wirtschaftlich auswirkt und wie sich sein wirtschaftlicher Erfolg zu dem des Dampfbetriebes verhält, soll in den nun folgenden Untersuchungen dargestellt werden.

II. TEIL.

Die wirtschaftliche Bedeutung der elektrischen Zugförderung.

A. Die Vorteile gegenüber dem Dampfbetriebe.

Jede Volkswirtschaft muß notwendigerweise Verkehrswirtschaft sein. Daraus ergibt sich die grundlegende Bedeutung des Verkehrs für die Volkswirtschaft und die besondere Aufmerksamkeit, die die Gesamtheit der Träger einer Volkswirtschaft dem Ausbau seiner Verkehrsmittel und von diesen besonders der Transportmittel entgegen bringen muß. Die Transportmittel haben die Aufgabe, durch die Beförderung von Menschen und Gütern den Güterumlauf und Güteraustausch auf größere Entfernungen zu ermöglichen, Produktionsort und Konsumtionsort miteinander zu verbinden. Ihre volkswirtschaftliche Bedeutung wächst mit der Fähigkeit, die Beförderung von Menschen und Gütern schnell, sicher, regelmäßig und in gewaltigen Mengen und dabei billig zu bewerkstelligen. Daraus erklärt sich auch die bevorzugte Stellung, die die Eisenbahn unter den Transportmitteln einnahm und bisher behaupten konnte. Sie ist in der Lage, die gestellten Anforderungen in hohem Maße zu erfüllen. Wenn nun bei ihr an Stelle des Dampfbetriebes die elektrische Zugförderung treten und damit ein Element des Eisenbahnverkehrs von grundlegender Bedeutung geändert werden soll, so wird zunächst zu prüfen sein, ob sie dadurch in die Lage versetzt wird, eben diesen Forderungen im höheren Maße gerecht zu werden und damit ihre volkswirtschaftliche Bedeutung zu erhöhen. Daneben wird zu untersuchen sein, ob durch eine solche Änderung noch weitere Vorteile anderer Art, vor allem auch finanzielle Vorteile erreicht werden können. Nur eine Behandlung der Frage unter diesen Gesichtspunkten kann zu einem rechten Erkennen der wirtschaftlichen Bedeutung der elektrischen Zugförderung führen. Die nun zu untersuchenden Vor- und Nachteile des elektrischen Zugbetriebes gegenüber dem Dampfbetriebe, wie sie sich einmal aus der Verwendung der Elektrizität als Energiequelle, zum anderen aus der höheren Leistungsfähigkeit der elektrischen Lokomotive und schließlich aus der besonderen Betriebsweise ergeben, werden also unter diesen Gesichtspunkten zu beurteilen, zusammenzufassen und schließlich gegeneinander abzuwägen sein.

1. Vorteile gegenüber dem Dampfbetriebe als Folge der Verwendung der Elektrizität als Energiequelle.

Die grundlegende und bedeutendste Änderung bei der Elektrifizierung der Eisenbahn liegt in der Ersetzung der Dampfkraft durch die elektrische Kraft. Die Folge einer solchen Umänderung zeigt sich in einem tiefgreifenden Einfluß auf die gesamte Wärmewirtschaft jedes Landes, das sich zu diesem Schritte entschließt. Stehen genügend Wasserkräfte zur Verfügung, so kann der Kohlenverbrauch der Eisenbahn für die Zugförderung so gut wie vollständig ausgeschaltet werden; sind Wärmekraftwerke nötig, so werden einmal durch die Verwertung anderer, minderwertiger Heizstoffe, weiterhin aber auch durch die wesentlich bessere und wirtschaftlichere Ausnutzung der Kohle außerordentliche Mengen von Heizstoffen gespart. Für jedes Land, das zur Einfuhr von Kohle gezwungen ist, bedeutet dies eine wesentliche Entlastung der Handelsbilanz.

Bei der Verwendung von Wasserkräften liegt der ungeheure volkswirtschaftliche Vorteil in dieser Hinsicht auf der Hand. Die Kohle, die für die Lokomotivfeuerung von besonders guter Beschaffenheit sein muß, und die in manchen Ländern überhaupt nicht, in anderen nur in beschränktem Maße vorhanden ist, muß unter Aufwendung größter menschlicher Arbeitskraft in den Bergwerken gefördert werden. Sie ist nach ihrer Verbrennung in der Dampfmaschine unwiederbringlich verloren. Der ständige und sich dauernd steigernde Abbau der vorhandenen Kohlenvorkommen muß dadurch, daß man immer tiefer schürfen muß, teurer werden und schließlich zur Erschöpfung der verfügbaren Kohle führen. All dies drängt zur Forderung nach Sparsamkeit im Kohlenverbrauch, und diese Forderung muß an die Eisenbahnen, die Hauptabnehmer der Kohlenbergwerke und stärksten Kohlenkonsumenten, um so dringender gestellt werden. (In Deutschland wurden im Jahre 1923 $12^1/_2\,\%$ der insgesamt verbrauchten Kohlen im Eisenbahnbetriebe, und davon $90\,\%$ zur Zugförderung verwandt[1]).)

Im Wasserkraftwerk wird demgegenüber ein Naturprodukt beansprucht, das im Gegensatz zur Kohle in unerschöpflicher Menge vorhanden ist; es wird durch den Gebrauch nicht vernichtet, sondern nur seiner Arbeitskraft, die sich in der Natur immer wieder für uns kostenlos erneuert, beraubt. Die Verwendung von Wasserkraft an Stelle der einen der wertvollsten Teile des Nationalvermögens darstellenden Kohle erhält dadurch, vom volkswirtschaftlichen Standpunkte aus gesehen, unschätzbaren

[1]) Berichterstattung II S. 1247.

Wert. Daß sie vom privatwirtschaftlichen Standpunkte der Eisenbahn-Gesellschaft aus etwas anders erscheint, wird noch zu zeigen sein.

Doch nicht nur durch ein Wasserkraftwerk, auch durch Wärmekraftwerke wird an Heizstoffen und insbesondere an Kohle gespart. Zur Feuerung einer Dampflokomotive ist hochwertige, äußerst wärmehaltige (etwa 7000 kcal/kg)[1]) möglichst staubfreie Kohle notwendig. Minderwertige Steinkohle, Braunkohle, Torf, Holz sind fast garnicht, Oel ist nur in beschränktem Umfange verwendbar. All diese Stoffe können aber in einem Wärmekraftwerk zur Heizung benutzt werden. So wird z. B. in dem Dampfkraftwerk Mittelsteine i/Schl. minderwertige, staubhaltige Steinkohle (6000—6500 kcal/kg)[1]) verfeuert, im Kraftwerk Muldenstein b/Bitterfeld Braunkohle usw. Die Ausgaben für Heizstoffe sind also im Kraftwerk (pro Gewichtseinheit) wesentlich geringer. Dabei darf nicht übersehen werden, daß in einem Kraftwerk die Heizstoffe wesentlich besser und vorteilhafter ausgenutzt werden als durch eine Dampflokomotive. Die Dampflokomotive setzt nur etwa 5—7% der in der Kohle enthaltenen Wärmemenge in Arbeit um. Die übrige Wärmemenge und die weiteren in der Kohle enthaltenen Wertstoffe entweichen in die Luft. Im Dampfkraftwerk kann durch Kolbendampfmaschinen und durch Dampfturbinen ein wesentlich höherer Prozentsatz der Heizkraft der Kohle nutzbar gemacht werden. An Hand der Betriebsergebnisse auf den elektrisch betriebenen Schlesischen Gebirgsbahnen ist für die Dampflokomotive in der Stunde ein Dampfverbrauch von 7,5 bis 8,5 kg/PS, ein Kohlenverbrauch von 1,2 bis 1,5 kg/PS berechnet worden; für das Dampfkraftwerk (Mittelsteine) ergab sich in der Stunde ein Dampfverbrauch von 4 kg/PS (also etwa 50%) und ein Kohlenverbrauch von 0,55 kg/PS (also etwa 40%[2]). Hinzu kommt, daß im Kraftwerk auch der Wärmeverbrauch geringer als bei der Dampflokomotive ist. Für die Schlesischen Gebirgsbahnen hat man berechnet, daß bei Dampfbetrieb im Durchschnitt 0,06 kg Kohle von 7000 kcal/kg für das Tonnenkilometer, d. i. 420 kcal je Tonnenkilometer gebraucht werden, bei elektrischem Betrieb mit Strombezug aus dem Kraftwerk Mittelsteine jedoch nur 8150 kcal/kwh, d. i. bei einem Bedarf von 28 Wh/tkm[3]) je

[1]) W. Usbeck: Technische und wirtschaftliche Ergebnisse der elektrischen Zugförderung. Elektr. Bahnen 1. Jahrg. S. 357/8.

[2]) W. Usbeck: a. a. O. S. 359.

[3]) Nach einer Betriebskostenrechnung der R.-B.-D. Breslau ergab sich bei Meßfahrten mit einer C+C el. Güterzuglok. bei einem angehängten Zuggewicht von 1314 t und einer mittleren Geschwindigkeit von 36,25 km/h nur ein Verbrauch von 17,4 Wh/tkm.

Tonnenkilometer 230 kcal.[1]). Es ergibt sich hier somit eine Ersparnis an Wärmemenge von 45%. Da nun die im Kraftwerk verfeuerte Kohle wesentlich billiger als die Lokomotivkohle ist, ergibt sich für das Kraftwerk Mittelsteine daneben eine Ersparnis an Wärmekosten von etwa 68%. Diese Zahl erhöht sich umsomehr, je billiger der im Kraftwerk verwendete Brennstoff ist und je vorteilhafter die Maschinen und Feuerungsanlagen arbeiten. Als mittlerer Kohlenverbrauch der englischen Kraftwerke wurde im Jahre 1923: 1,13 kg 1924: 1,10 kg Kohle angegeben, was einem Wärmeverbrauch von etwa 7400 bis 7200 WE/kWh entspricht. Neuere Werke benötigen nach einer amerikanischen Aufstellung aus dem Jahre 1925 bereits bedeutend weniger, so die beste englische Zentrale etwa 5200, die beste amerikanische 4550, ganz moderne Kraftwerke (z. B. Langerbrugge 3750 WE/kWh. Das letzte Resultat entspricht bei 7000 WE Heizwert der zu verwendenden Kohle einem Kohlenverbrauch von etwa 0,54 kg[2]).

Doch nicht nur die Möglichkeit der besseren Wärmeausnützung ist im Kraftwerk gegeben, sondern auch der Gewinnung weiterer, in der Kohle enthaltener Wertstoffe. In besonderen Schwelanlagen kann ihr vor der Verfeuerung Urteer entzogen werden, aus dem dann Benzin, Gasöl, Schmieröle, Sulfate usw. gewonnen werden können[3]). Die Wirtschaftlichkeit eines Dampfkraftwerkes kann dadurch also wesentlich gesteigert werden.

Vollständige Ausschaltung des Kohlenverbrauchs im Wasserkraftwerk und Verwertung minderwertiger Brennstoffe bezw. bessere Verwertung im Dampfkraftwerk haben neben ihrer großen volkswirtschaftlichen Bedeutung noch den Vorteil, die Eisenbahn in weitem Maße von dem Steinkohlenmarkt und seinen nicht unerheblichen Preisschwankungen unabhängiger zu machen. Daß diese Schwankungen nicht unerheblich sind, zeigt eine Betrachtung der Kohlenpreisentwicklung in den letzten Jahren. 1000 kg rheinisch-westfälische Fettförderkohle kosteten ab Zeche:

1880	Mk. 6,—	1900	Mk. 9,90	1923	Mk. 24,92
1885	„ 5,10	1905	„ 9,—	1924	„ 16,50
1890	„ 9,90	1910	„ 10,80	1925	„ 15,—
1895	„ 7,40	1913	„ 12,20	1626	„ 14,92[4])

[1]) Ders. a. a. O. S. 357. [2]) Berichterst. 11 S. 214.

[3]) Aus 100 t Kohle können 2,5 t Öl gewonnen werden, wobei 70 t Koks ausfallen und rund 25000 cbm Gas frei werden, die weiterhin etwa 45000 kWh erzeugen können (Reindel: Kraftwirtschaftliches zur Bahnelektrifizierung. Zeitung d. Ver. Dtsch. Eisenbahnverwaltungen 66. Jahrg. S. 66).

[4]) Nach dem Stat. Jahrb. f. d. Deutsch. Reich. Bis 1905 ab Dortmund, 1910 u. 1913 ab Essen, später Preise des Rheinisch-Westfälischen Kohlensyndikats.

Berücksichtigt man dabei die großen Mengen von Kohle, die z. B. die Eisenbahnen Deutschlands in den letzten Jahren verbrauchten[1]), so erkennt man die Bedeutung, die eine geringere Abhängigkeit vom Kohlenmarkt für die Eisenbahn hat.

2. Vorteile gegenüber dem Dampfbetriebe als Folge der höheren Leistungsfähigkeit der elektrischen Lokomotive.

Bei elektrischem Eisenbahnbetrieb tritt an Stelle der Dampflokomotive die elektrische Lokomotive. Sie weist, wie oben gezeigt wurde, eine erheblich höhere Leistungsfähigkeit auf, die sich einmal in einer höheren Zugkraft und weiter in der Erreichung größerer Geschwindigkeiten äußert. Sie kann also im Verhältnis zu einer gleichwertigen Dampflokomotive bei gleicher Geschwindigkeit eine höhere Zuglast oder eine gleiche Zuglast mit größerer Geschwindigkeit befördern. In dem einen wie in dem anderen Falle ergeben sich Vorteile für den Betrieb.

Aus der Möglichkeit, ein größeres Zuggewicht anzuhängen, folgert die Beförderung einer größeren Gütermenge bei gleicher Anzahl von Zügen. Die Vergrößerung der beförderten Gütermenge wird herbeigetührt entweder durch Erhöhung der Zahl der angehängten Wagenachsen oder durch Verwendung tragfähigerer Güter- bezw. Personenwagen. Für den letzteren Fall ist die kürzlich erfolgte Einführung von Großraumgüterwagen von je 50 t Ladegewicht (gegen bisher 20 t) bei der Deutschen Reichsbahn ein kennzeichnendes Beispiel.

Beide Vorteile können natürlich gleichzeitig in Erscheinung treten. Für ihre Bedeutung seien einige Zahlen angeführt. Von den beiden obenerwähnten bei der Deutschen Reichsbahn vor kurzem in denBetrieb eingestellten Lokomotiven vermag die Dampflokomotive (eine 2 C 1 Zweizylinder-Einheits-Heißdampf-Schnellzugslokomotive) 600 t mit einer Geschwindigkeit von 115 km/h zu befördern; die elektrische (eine 2 Do 1 elektrische Schnellzugslok.) befördert bei gleicher Geschwindigkeit 750 t. Das Zuggewicht bei der elektrischen Lokomotive kann also um 25% größer sein. Auf den Schlesischen Gebirgsbahnen hat sich folgendes Ergebnis feststellen lassen: eine (P 8) Dampflokomotive befördert Züge von 360 t auf Steigungen von 10‰ mit 40—45 km/h, eine elektrische (2 D 1 EP) Lokomotive Züge von 550 t auf der gleichen Steigung mit 65 km/h[2]); d. i. ein

[1]) 1913: 15320000 t; 1925: 12726000 t; 1926: 12273000 t.
[2]) W. Usbeck: a. a. O. S. 359.

um 53% größeres Zuggewicht mit einer um 45% größeren Fahrgeschwindigkeit. Im Güterzugdienst befördert die leistungsfähigste Güterzug-Dampflokomotive (G 12) 1170 t mit 15—20 km/h auf einer Steigung von 10‰, die elektrische Lokomotive (C+C) 1400 t mit 35 km/h,[1]) d. i. ein um 20% größeres Zuggewicht mit einer fast um 100% größeren Geschwindigkeit. Auf der elektrisch betriebenen Strecke Innsbruck-Bludenz i. Österreich konnte bei den Schnellzügen trotz einer Belastungserhöhung um 12,5 bis 25% eine Kürzung der Fahrzeit um 29 bis 34,5% und eine Kürzung der Reisedauer um 27—30%, bei den Güterzügen um 50% erzielt werden.[2]) Die Erhöhung der Fahrgeschwindigkeit wird nicht zuletzt auch dadurch herbeigeführt, daß die elektrische Lokomotive eine größere Anfahrbeschleunigung und eine stärkere Bremsverzögerung herbeiführen kann. Während eine Schnellzug-Dampflokomotive nur sehr langsam anfahren kann und bis zur Erreichung ihrer Höchstgeschwindigkeit eine nicht unerhebliche Strecke zurücklegen muß, kann die elektrische Lokomotive wesentlich schneller anfahren und die gleiche Geschwindigkeit nach Zurücklegung einer kürzeren Strecke erreichen. Das Gleiche gilt umgekehrt für die Bremswirkung. Beides zusammen ergibt besonders bei Zügen, die oft und schnell hintereinander halten müssen, eine Verkürzung der Reisedauer. Sie tritt daher am wenigsten in Erscheinung bei durchgehenden Schnell- und Personenzügen. Bei Personenzügen, die auf jeder Station halten müssen, und ganz besonders bei Güterzügen ist sie jedoch ganz augenfällig. Auf den Schlesischen Gebirgsbahnen betrug für die Strecke Görlitz—Königszelt (145 km) die Verkürzung der Reisedauer bei Schnellzügen 36 Min., bei Personenzügen 60 Min., für die Strecke Görlitz—Dittersbach (126 km) für Güterzüge 3 Std. 35 Min.[3])

Die größere Leistungsfähigkeit der elektrischen Lokomotive ermöglicht weiterhin die Überwindung stärkerer und längerer Steigungen bei gleichem angehängten Zuggewicht. Die Höchstgrenze der zulässigen Steigung ist naturgemäß sowohl bei der Dampf-wie bei der elektrischen Lokomotive durch den Reibungswiderstand der Räder (d. h. durch den Achsdruck) gegeben. Im allgemeinen wird in beiden Fällen die Überwindung von Steigungen über 40‰ nur mit Zahnradlokomotiven möglich sein. Man kann jedoch bei einer bestimmten Steigung und einer gewünschten Geschwindigkeit der elektrischen Lokomotive

[1]) W. Usbeck; a. a. O. S. 359.
[2]) Berichterstattung II, S. 1189.
[3]) W. Usbeck; a. a. O. S. 359.

ein größeres Zuggewicht anhängen als einer entsprechenden Dampflokomotive.

Die meistgebrauchte Personenzug-Dampflokomotive (P 8) nimmt bei Steigung 1 : ∞ (0‰) und 100 km/h 265 t, bei 1 : 250 (4‰) und 100 km h 110 t; die gebräuchlichste elektrische Personenzuglokomotive (2D1) nimmt in beiden Fällen etwa 38% mehr[1]).

Weiterhin macht sich die große Überlastbarkeit der elektrischen Lokomotive vorteilhaft geltend, die es ermöglicht, die Steigungen mit verhältnismäßig hoher Geschwindigkeit zu durchfahren. Dies allein schon trägt zur Beschleunigung des Verkehrs bei; außerdem aber können auf Grund der Überwindbarkeit starker Steigungen Umwege und kostspielige Bauten, die die Unebenheit des Geländes sonst in hohem Maße erfordern, vermieden werden. An Stelle weitausholender Schleifen zur Vermeidung von Steigungen kann eine Linienführung treten, die sich dem Gelände anpaßt und mehr der geraden Verbindung zweier Haltepunkte nahe kommt. Dadurch wird der Weg oft um ganz erhebliche Strecken abgekürzt werden können.

Alle angeführten Momente, hohe Fahrgeschwindigkeit auf ebener Strecke wie auf Steigungen, schnelles Anfahren und Bremsen, Abkürzung des Weges wirken zusammen stark vermindernd auf die Reisedauer der Züge. Die Überwindung starker Steigungen ermöglicht in höhergelegenen Gebieten oft überhaupt erst die Einführung der Eisenbahn als Transportmittel und somit die Erschließung dieser Gebiete für einen stärkeren Verkehr.

Hohe Fahrgeschwindigkeit und gleichzeitig erhöhte Zugkraft ermöglichen der Bahn die Erfüllung der Forderungen der Wirtschaft nach Beschleunigung des Personen- wie des Güterverkehrs. Die von einem volkswirtschaftlich bedeutungsvollen Transportmittel verlangte Schnelligkeit kann bei dem Gebrauch elektrischer Maschinen in höherem Maße herbeigeführt werden, als bei Verwendung von Dampflokomotiven. Die Grundlage der modernen volkswirtschaftlichen Entwicklung, ein schneller und leistungsfähiger Verkehr, wird durch den elektrischen Betrieb erweitert. Produktionsort und Konsumtionsort werden einander nähergebracht, die Radien der „Thünen'schen Kreise" werden vergrößert. Der Verkehr selbst wird rückwirkend neu angeregt und gesteigert.

Neben diesen volkswirtschaftlich bedeutsamen Vorteilen ergeben sich aus Fahrbeschleunigung und Zugkrafterhöhung noch weitere, betriebswirtschaftlich vorteilhafte Veränder-

[1]) Merkbuch für die Fahrzeuge der Reichsbahn 1924, S. 160.

ungen, vor allem eine bessere Ausnützung des Betriebsmaterials. Die elektrische Lokomotive legt in gleicher Zeit eine längere Strecke zurück als die Dampflokomotive. Für die Durchschnittsberechnung der Kilometerleistung pro Tag liegen somit höhere Leistungen zu Grunde. Diese werden um so größer sein, je mehr die Stärke des Verkehrs Gelegenheit bietet, die vorhandenen Lokomotiven auszunutzen. Umgekehrt wird es auch gelegentlich möglich sein, den vorhandenen Verkehr mit einer geringeren Zahl von Lokomotiven als beim Dampfbetrieb zu bewältigen. Neben die Fahrbeschleunigung als Grund für die bessere Ausnützung der Lokomotive tritt dann noch ein später zu erörternder Umstand hinzu, die ständige Betriebsbereitschaft der elektrischen Lokomotive.

Doch nicht nur die Ausnutzung der Lokomotiven, auch die der Wagen wird erhöht. Personen- wie Güterwagen weisen einen schnelleren Umlauf auf, mit dem vorhandenen Wagenpark kann ein stärkerer Verkehr bewältigt werden. Auch hier tritt ein noch später zu behandelndes Moment verstärkend hinzu, der Wegfall des Wagenbedarfs für den Transport von Lokomotivkohle.

Erhöhte Umlaufgeschwindigkeit von Lokomotiven und Wagen bedeutet gleichzeitig bessere Ausnutzung der Gleisanlagen. Hohe Fahrgeschwindigkeit der Züge gibt die Möglichkeit einer dichteren Zugfolge, die durch das System der elektrischen Streckenblockung hinreichend gesichert erscheint. Die vorhandenen Gleisanlagen können also einen stärkeren Verkehr übernehmen, wodurch gelegentlich der sonst erforderliche Neubau einer weiteren Gleisanlage erspart werden kann.

Bessere Ausnützung der Betriebsanlagen führt naturgemäß zu einer höheren Verzinsung des Anlagekapitals, zu einer größeren Rentabilität des Betriebes. Hinzu kommt, daß die elektrische Lokomotive sich auch in der Betriebsführung billiger stellt. Es sei hier nur darauf hingewiesen, daß (nach statistischen Erhebungen der Schweiz im Jahre 1925) bei Dampfbetrieb der Verbrauch an Schmiermaterial pro Lokomotivkilometer um etwa 50% größer ist als beim elektrischen Betrieb.

3. Vorteile gegenüber dem Dampfbetriebe als Folge der besonderen Betriebsweise.

Aus der Verwendung der Elektrizität zur Zugförderung, aus der Krafterzeugung in besonderen Kraftwerken und aus den Eigenheiten der elektrischen Lokomotive resultiert eine Durchführung des Betriebes, die sich in wesentlichen

[1]) Beilage zum Voranschlag der S. B. B. s. S. 53.

Punkten von der bei Verwendung von Dampflokomotiven unterscheidet. Dabei können Ersparnisse an Zeit und Arbeit wie an Personal gemacht werden. Außerdem aber ergeben sich für das Personal als auch für die Benutzer der Bahn manche Annehmlichkeiten.

Wohl den stärksten Einfluß auf die Gestaltung des elektrischen Betriebes übt die einfache Bedienung und ständige Betriebsbereitschaft der elektrischen Lokomotive aus. Für die Versorgung einer Dampflokomotive mit Betriebsstoff sind umfangreiche Kohlentransporte nach den verschiedenen Lokomotivstationen erforderlich. Bei der Deutschen Reichsbahn waren im Jahre 1926 von 35670000 t insgesamt beförderter Güter 4110000 t Dienstgut[1]), das fast ausschließlich in Kohle besteht. Die übrige Steinkohlenbeförderung betrug 9260000 t. Die Beförderung von Kohle für den eigenen Bedarf machte also 11% der Gesamtgüterbeförderung und etwa 30% der Steinkohlenbeförderung aus. Zur Beförderung der Betriebskohle waren 205500 Güterwagen zu je 20 t nötig.

Die Dampflokomotive muß die Betriebsstoffe Kohle und Wasser mit sich führen; ihre Aufnahme erfordert einen ständig sich wiederholenden Aufwand von Zeit und Arbeit.

Der Aktionsradius der Lokomotive ist durch ihre Aufnahmefähigkeit an Betriebsstoff begrenzt. Die deutschen Dampflokomotiven mit Schlepptender vermögen 5—10 t Kohle und 12—32,5 cbm. Wasser aufzunehmen und können damit bestenfalls eine Strecke von etwa 250 km ohne Wasser zu nehmen und von etwa 400 km ohne Kohle zu laden zurücklegen. Das Gewicht des aufgefüllten Wasser- und Kohlentenders ist bereits zu dem angehängten Zuggewicht zu rechnen, wodurch sich die Zahl der noch anhängbaren Achsen vermindert. Nach jeder längeren Fahrt muß nicht nur der Betriebsstoff frisch aufgefüllt, sondern auch die Feuerungsanlage gereinigt werden (Ausschlacken, Asche ziehen usw.). Wegen der Schwierigkeit und Kostspieligkeit des Anheizens einer Dampflokomotive muß sie auch während der Ruhepausen, insbesondere also auch beim Stehen im Schuppen, ständig unter Dampf gehalten werden. Die Feuerung der Lokomotive erfordert, wenn ein guter Wirkungsgrad erzielt werden soll, eine besondere Geschicklichkeit und Kunstfertigkeit.

Demgegenüber ist die elektrische Lokomotive ständig betriebsbereit. Die Mitnahme schwerer Betriebsstoffe, die zeitraubende Aufnahme der Betriebsstoffe und die öftere Reinigung, also Vorbereitungs- und Abschlußdienst, der

[1]) Wirtschaft und Statistik 7. Jahrg. S. 237.

Energieverbrauch in Ruhepausen, die schwierige Bedienung der Maschine während der Fahrt fallen bei der elektrischen Lokomotive fort. Ebenso erübrigen sich auch die Kohlentransporte für eigenen Bedarf und die dadurch notwendige Beanspruchung des Wagenparks wie des Personals.

Die Bedienung einer elektrischen Lokomotive ist denkbar einfach und kann von einem Mann vorgenommen werden, im Gegensatz zur Dampflokomotive, die eine Besetzung mit Führer und Heizer, also mit 2 Mann beansprucht. Um die Sicherheit der Führung zu gewährleisten, kann nötigenfalls der Zugführer, der bei Dampfbetrieb im Packwagen mitfährt, auf der Maschine als Ersatzmann für besondere Fälle mitfahren. Schon durch diese Einmannbesetzung ergibt sich eine recht erhebliche Personalersparnis.

An Stelle der für die Reinigung der Dampflokomotive und als Lokomotivheizer gebrauchten Personals tritt jedoch eine Erhöhung des Unterhaltungspersonals für elektrische Maschinen und Fahrleitung und des Bedienungspersonals der Kraftwerke. Da jedoch die Ersparnis an Lokomotivpersonal und Betriebsarbeitern recht erheblich (Usbeck berechnet sie für die Schlesischen Gebirksbahnen auf 47%) und andrerseits der Bedarf im Kraftwerk, zumal im Wasserkraftwerk recht gering ist, wird sich trotzdem noch eine Personalersparnis beim elektrischen Betrieb ergeben.

Eine Gegenüberstellung des Personalmehr- und minderbedarfes bei elektrischem Betrieb gegenüber dem Dampfbetrieb unter Zugrundelegung der Kopfpläne von 1914 und 1926 und genauer Ermittlungen für die Schlesischen Gebirgsbahnen ergab folgende Zahlen:

Bahnbetriebswerke		— 261 Köpfe
Zugbegleitdienst		— 38 „
Fernsprechdienst		— 12 „
Bahnunterhaltung	+ 40 Köpfe	
Ämter	+ 8 „	
Direktion	+ 9,5 „	
Hauptwerkstätten		— 13 „
Bahnkraftwerk	+ 120 „	
	+ 177,5 Köpfe	— 324 Köpfe

Minderbedarf: 146,5 Köpfe

Aus diesem Minderbedarf von 146,5 Köpfen ergibt sich eine Kostenersparnis von RM. 780505,46.

In erster Linie zwar als Annehmlichkeit, daneben jedoch als wirtschaftlich bedeutsame Änderung erscheint der Wegfall von Funkenflug und Rauch beim elektrischen Zugbetrieb. Zahlreiche Waldbrände bei Dampfbetrieb zeigen, daß mit der Verminderung des Funkenfluges auch eine ge-

ringere Gefährdung der an den Bahnstrecken gelegenen Anlagen herbeigeführt wird und somit auch diesem Moment Beachtung zu schenken ist. Die Rauchentwicklung der Dampflokomotive verursacht ernste Schwierigkeiten bei dem Durchfahren von Tunnels. Die Tunnellüftung erfordert außerordentlich schwierige und komplizierte Anlagen und kann in ungünstigen Fällen in dem gewünschten und notwendigen Maße garnicht erreicht werden.

Abgesehen von dieser nur bei Gebirgsstrecken auftretenden Schwierigkeit hat die Rauchentwicklung der Dampflokomotive zur Folge, daß der gesamte Eisenbahnbetrieb außerordentlich unsauber wird. Alle dem Eisenbahnverkehr dienenden Anlagen sind dauernd einer starken, zerstörend wirkenden Verschmutzung ausgesetzt, die besonders auf Bahnhöfen und in Tunnels recht unangenehm auffällt. Die in kurzen Zeitabschnitten nötig werdenden Reinigungsarbeiten größeren Umfangs und die ständigen, zur notwendigsten Sauberhaltung erforderlichen kleineren Arbeiten bei den Bahnhofsanlagen wie dem Wagenpark verursachen erhebliche Kosten. Bei den Wagen kommt hinzu, daß sie während der Zeit der Reinigung dem Verkehr entzogen werden. Zu all dem tritt die Belästigung der Menschen durch den Rauch und Schmutz, die sowohl von dem Personal als auch von den die Bahn benutzenden Reisenden so störend empfunden wird.

Demgegenüber liegt die größere Sauberkeit des elektrischen Betriebes klar auf der Hand. Die Rauchentwicklung ist wesentlich geringer und beschränkt sich auf die Dampfkraftwerke. Die damit verbundenen Vorteile für den Betrieb (Schonung des Materials, Arbeits- und Personalersparnis) und für Personal und Reisende sind sowohl vom wirtschaftlichen wie hygienischen Standpunkte aus nicht niedrig einzuschätzen.

Von nicht geringer Bedeutung ist weiterhin der im Verhältnis zur Dampflokomotive geringere Ausbesserungsstand der elektrischen Lokomotive. Während in den Anfängen elektrischer Zugförderung die Unterhaltungskosten der elektrischen Fahrzeuge außerordentlich hoch waren, sind sie durch Beseitigung zahlreicher Mängel, die jeder technischen Neuerung zunächst anhaften, soweit erniedrigt worden, daß sie geringer als bei Dampflokomotiven sind. Die zunächst festgesetzten Untersuchungsfristen (in Deutschland Personenzuglok. nach 100000 km, Güterzuglok. nach 70000 km) werden auf Grund der günstigen Erfahrungen ganz erheblich (etwa um 50%) verlängert werden können. Bei den Schlesischen Gebirgsbahnen errechnete man bereits 1925 für die Unter-

haltung elektrischer Fahrzeuge an Kosten in den Hauptwerkstätten Mk. 42,30 und in den Bahnbetriebswerken Mk. 38.— pro Lokomotiveinheitskilometer gegenüber durchschnittlich Mk. 131,30 (für die Typen G 7, P 8, G 10 und T 16 ohne Kosten in den Bahnbetriebswerken) bei Dampflokomotiven[1]).

Aus den zahlreichen technischen Vorzügen des elektrischen Betriebes gegenüber dem Dampfbetriebe ergeben sich, wie die bisherigen Ausführungen zeigten, als hauptsächliche wirtschaftliche Vorteile Ersparnisse durch Minderausgaben für Heizstoffe und deren Transport, für Personal und für Unterhaltung der Fahrzeuge, herbeigeführt durch die erhöhte Leistungsfähigkeit der technischen Betriebsanlagen. Daß diese Anlagen aber nicht nur Vorteile, sondern auch technische Mängel und wirtschaftliche Nachteile aufweisen, soll in den nun folgenden Betrachtungen gezeigt werden.

B. Die Nachteile gegenüber dem Dampfbetriebe.

So sehr die Vorteile des elektrischen Betriebes gegenüber dem Dampfbetriebe stets betont werden, so wenig wird seiner Nachteile Erwähnung getan. Und doch sind diese nicht minder beachtenswert. Sie ergeben sich einmal aus den besonderen Eigenheiten der Anlage, aus der Art der Energieerzeugung und -Verwertung, zum anderen aus dem Umfange der Anlage und ihrer Kostspieligkeit.

Die Art der Energieerzeugung und Übertragung beim elektrischen Zugbetrieb schließt einige recht beachtliche Mängel in sich. Hier ist zunächst das Moment der Gefahr, das der Übertragung hochgespannten Stromes in Fernleitungen und Fahrdrahtleitungen anhaftet, zu beachten. Die Gefahr droht sowohl den Menschen, und zwar besonders dem Eisenbahnpersonal, als auch den Transporten. Für das Fahrpersonal bieten sich unzählige Möglichkeiten, bei Bedienung eines Zuges vor allem mittelbar mit der Leitung in Berührung zu kommen. Bei der recht oft notwendig werdenden Besteigung des oberen Teils bezw. des Daches eines Wagens oder der Maschine kann durch einen unachtsam in der Hand geführten Gegenstand (Schlußscheibe eines Zuges, eiserne Stange usw.) die Verbindung mit der Starkstromleitung hergestellt werden. Noch näher liegt diese Gefahr beim Be- und Entladen von offenen Güterwagen. Doch auch an dem Transport unbeteiligten Per-

1) W. Usbeck: Technische und wirtschaftliche Ergebnisse der elektrischen Zugförderung. Elektrische Bahnen 1. Jahrg. S. 361.

sonen kann gelegentlich durch die Starkstromleitung Gefahr drohen (herabhängende Leitungsenden bei Reißen der Leitung und ähnl.). Gefahrbringend erscheint auch die Notwendigkeit, Leitungsstörungen zu beseitigen, ohne längere Strecken bezw. ein größeres Netz ausschalten zu müssen. Hier hat man jedoch bereits Mittel und Wege gefunden, um ein verhältnismäßig sicheres Arbeiten in solchen Fällen zu gewährleisten.

Im Jahre 1925 sind insgesamt 41 Personen auf den elektrifizierten Strecken der Deutschen Reichsbahn verunglückt, davon 17 tödlich. Von den 41 Personen gehörten 10 zum Personal der Dienststellen für elektrische Zugförderung, 18 waren sonstige Eisenbahnbedienstete, 6 waren Angehörige elektrotechnischer und 6 sonstiger Firmen; außerdem verunglückte eine Privatperson[1]).

Bei unvorschriftsmäßiger, vor allem zu hoher Beladung offener Güterwagen und bei ungünstigen Witterungsverhältnissen erscheint auch der Transport selbst gefährdet.

Noch eine weitere nachteilige Wirkung weist die Starkstromleitung auf, die Beeinflussung der Schwachstromanlagen. Durch Erzeugung von Induktionsströmen in den bei der Bahn verwendeten Schwachstromanlagen (Fernmelde- und Fernsprechleitung) werden in diesen Störungen verursacht, die bis zu einem völligen Versagen dieser Anlagen führen können. Der Vermeidung dieser Störungen wird zur Zeit besondere Aufmerksamkeit zugewandt, und es ist durch Verlegung der Schwachstromanlagen in Kabel gelungen, die Störungen so gut wie vollständig auszuschalten. Von gleich großer Wichtigkeit ist natürlich auch die Beeinflussung von fremden Schwachstromanlagen, deren Kreuzung offensichtlich unvermeidbar ist.

Durch die Konzentrierung der Krafterzeugung im Kraftwerk ist die Möglichkeit größerer Betriebsstörungen gegeben. Beim Versagen einer Dampflokomotive kann schnellstens Ersatz geschaffen werden, tritt dagegen eine Störung im Kraftwerk bei einer zur Stromerzeugung dienenden Maschine, in der Fernübertragung oder in der Fahrleitung ein, so kann der Betrieb teilweise oder ganz unterbunden werden. Die Reichweite einer solchen Störung ist umso größer, je näher die Störungsstelle der stromerzeugenden Maschine liegt; sie ist also bereits recht erheblich bei einem Versagen der Fernübertragung und am größten bei einer Betriebsstörung im Kraftwerk selbst (vorausgesetzt, daß die Schwierigkeit

[1]) Heinemann: Unfälle durch Stromeinwirkung in elektrischen Zugförderungsanlagen. Zeitung d. Vereins Deutscher Eisenbahnverwalt. 66. Jahrg. S. 853 ff.

der Auffindung der Störungsstelle für alle Fälle gleich groß ist!) Tritt durch eine solche Störung ein Aussetzen der Stromerzeugung ein, so wird dadurch der gesamte Verkehr auf dem Netz, das von dieser Stelle aus mit Strom versorgt wird, lahmgelegt. Diese Möglichkeit ist umso bedeutungsvoller, als eine Störung in verbrecherischer Absicht und insbesondere im Kriegsfalle von feindlicher Hand herbeigeführt werden kann. Es wird sich jedenfalls immer die Notwendigkeit herausstellen, eine beträchtliche Anzahl von Dampflokomotiven in Reserve zu halten, was das Einsetzen eines starken Kostenelementes in die Gesamtrechnung bedeutet. Wenn auch bei einer neuzeitlichen Anlage Störungen technischer Art selten sind und für die Möglichkeit ihrer schnellen Beseitigung hinreichend Sorge getragen ist, so erscheint die Sicherheit und Pünktlichkeit des Verkehrs doch gelegentlich in Frage gestellt.

Nicht unerwähnt seien hier auch die Schwierigkeiten, die sich, solange nicht eine vollständige Elektrifizierung durchgeführt ist, aus dem Übergang auf Bahnen mif Dampfbetrieb und bei Bestehen verschiedener Systeme aus dem Übergang von einem System auf das andere ergeben.

Alle bisher angeführten Nachteile gegenüber dem Dampfbetriebe beruhen auf Mängeln, um deren Beseitigung die Technik erfolgreich bemüht ist; hat man erst einmal die nötigen Erfahrungen in diesen Punkten gesammelt, so wird es möglich sein, sie auf ein belangloses Minimum herabzudrücken. Dagegen dürfte es zunächst nicht möglich sein, den privatwirtschaftlich bedeutendsten Nachteil zu beseitigen, die hohen Anlagekosten.

Die Anlage einer elektrisch zu betreibenden Bahn bezw. die Umstellung einer Dampfbahn auf elektrischen Betrieb verursacht einen außerordentlich hohen Aufwand an Kapital. Der Bau von Kraftwerken, Fernleitungen, Unterwerken, Streckenleitungen wie auch von elektrischen Lokomotiven ist mit erheblichen Kosten verbunden. Wie bereits oben gezeigt wurde, erfordert die Anlage von Kraftwerken, insbesondere von Wasserkraftwerken äußerst schwierige und umfangreiche Arbeiten. Allein der bauliche Teil eines Kraftwerkes wird somit recht teuer; dazu kommen dann aber noch die wertvollen und komplizierten maschinellen Anlagen.

Eine Antwort auf die Frage, was ein **Wasserkraftwerk** durchschnittlich kostet, gibt es nicht. Die Kosten hängen von der Höhe des Gefälles, von der Wassermenge, von der Art der Zuleitungskanäle u. v. a. stark schwankenden Momenten ab.

Als Kosten von **Wärmekraftwerken** hat man in der Schweiz folgende Zahlen nach dem Stande von 1926 errechnet:

1. Dampfkraftanlage für geringe, jährliche Benutzungsdauer, 12000 kw oder 250 Fr./kw — 3000000.— Fr.
2. Dampfkraftanlage mit hochwertigen Einrichtungen, 100000 kW oder 275 Fr./kW — 27500000.— „
3. Wie zu 2), 2 × 50000 kW oder 260 Fr/kW — 62000000.— „
4. Wie zu 2), mit Kohlenstaubfeuerung oder 290 Fr./kW. — 29000000.— „
5. Dampfkraftanlage für Höchstdruckdampf und hochwertigste Maschinen 100000 kW oder 310 Fr./kW. [1] — 31000000.— „

Die wirtschaftlichen Verhältnisse der Wärmekraftwerke sind abhängig von

der Wahl der Kraftmaschinen,
der Größe der Anlagen,
der Benutzungsdauer,
Heizwert und Kosten des Brennstoffes
und der Gesamtausnutzung der Wärme[2].

Mit der Stromerzeugung allein ist jedoch erst die Grundlage für den elektrischen Betrieb geschaffen; der Strom muß nun noch an die Bahnstrecke herangeführt und dort verteilt werden. Dazu müssen Fernleitungen und Unterwerke errichtet werden, bei denen ebenso wie bei der Fahrdrahtleitung nicht nur die Errichtung, sondern auch die Unterhaltung und ständige Überwachung große Ausgaben verursacht. Weiterhin sind auch die Fahrzeuge erheblich kostspieliger als beim Dampfbetrieb. Infolge der komplizierten Anlagen stellt sich eine elektrische Lokomotive um mehr als die Hälfte teurer, als eine Dampflokomotive.

Nach einem Kostenanschlag der Reichsbahn-Direktion Breslau betragen die Beschaffungskosten zur Zeit
für eine elektrische Lok. C+C etwa 285000.— Mk.
für eine Dampflok. G 12 „ 175000.— „

Den Minderausgaben für Kohle, Personal und Unterhaltung der Fahrzeuge stehen somit Mehr-Ausgaben für die Anlage von Kraftwerken, Fernleitungen, Fahrleitungen und die Beschaffung von Fahrzeugen gegenüber. Dies kommt bei Berechnung der Betriebskosten zum Ausdruck in den für

[1] Berichterstattung II S. 244/47.
[2] ebenda, S. 311.

das Anlagekapital zu zahlenden Zinsen und den Beträgen für seine Amortisation. Die Bedeutung der Mehrausgaben ist also von der Lage und den Bedingungen des Kapitalmarktes der einzelnen Länder abhängig. Eine angemessene Verzinsung des in den Anlagen investierten Kapitals erscheint nur dann möglich, wenn sich die Ausgaben für den Kapitaldienst auf eine sehr große Zahl von Zügen verteilt, d. h. wenn die Bahn einen genügend starken Verkehr aufweist. Nur dann ist eine volle Ausnutzung der Anlagen möglich, und nur dann können die Vorteile des elektrischen Betriebes in genügendem Maße in Erscheinung treten.

C. Die wirtschaftliche Bedeutung der elektrischen Zugförderung.

Die bisherigen Betrachtungen ergeben folgendes Gesamtbild für die Beurteilung der wirtschaftlichen Bedeutung der elektrischen Zugförderung:

Die Verwertung von Naturkräften im Wasserkraftwerk und die bessere Ausnutzung der Heizstoffe im Dampfkraftwerk führt zu einer Ersparnis an Heizstoffen, insbesondere an wertvoller Kohle, und damit zu einer grundlegenden Beeinflussung der Wärmewirtschaft eines Landes. Die höhere Leistungsfähigkeit der Maschinen ermöglicht es, eine größere Zuglast, d. h. also größere Gütermengen selbst bei erheblicher Unebenheit der Strecke mit höherer Geschwindigkeit regelmäßig und pünktlich zu befördern und damit die obersten Aufgaben eines Transportmittels zum Teil in höherem Maße zu erfüllen. Durch bessere Ausnützung der Bahnanlagen und Minderausgaben für Kohle, Personal und Unterhaltung der Fahrzeuge wird die Betriebsführung verbilligt, durch Rauch- und Rußfreiheit ein angenehmerer sauberer Betrieb gewährleistet. Gleichzeitig aber bringt der elektrische Betrieb eine Reihe größerer Gefahren mit sich und ist zumal zu Zeiten politischer Unruhen vollständiger Lahmlegung ausgesetzt. Die Gesamtanlage erfordert zudem ein außerordentlich großes Anlagekapital. Im Ergebnis ist demnach durch die elektrische Betriebsführung im Verhältnis zum Dampfbetriebe nur dann eine gleichgroße oder evtl. größere Billigkeit des Transports zu erzielen, wenn

1. in einem Lande einerseits die Heizstoffe, also insbesondere hochwertige Kohle, bezw. Oel teurer sind und womöglich gleichzeitig ausbaufähige Wasserkräfte zur Verfügung stehen, sodaß die Ersparnisse an Heizstoffen durch Ausnutzung der Wasserkräfte oder bessere Verwertung der im Lande vorhandenen Brennstoffe im Wärmekraftwerk wesentlich ins Gewicht fallen,

2. der Verkehr auf den Eisenbahnen des Landes so stark ist, daß eine restlose Ausnutzung der Anlagen im Rahmen der technischen Möglichkeiten des elektrischen Betriebes gewährleistet erscheint,

3. die Lage am Kapitalmarkt des Landes einer starken Kapitalinvestierung günstig ist.

Unter diesen Voraussetzungen, die einzeln oder in ihrer Gesamtheit gegeben sein können, erscheint die Einführung der elektrischen Zugförderung umso eher vorteilhaft, je mehr die Industrie des Landes sich fähig erweist, die notwendigen Anlagen, insbesondere die Maschinen, selbst in bester Ausführung herzustellen, und je mehr der erforderlichen Rohstoffe im Lande selbst gewonnen werden können.

Wenn es auch möglich ist, für ganz bestimmte Strecken eines Landes mit einem ganz bestimmten Verkehr, einem bestimmten Kohlenverbrauch pro km der Strecke und weiteren bestimmten Gegebenheiten für den Verkehr der Strecke und für die Krafterzeugung verhältnismäßig genaue und sichere Berechnungen darüber anzustellen, von welchem Kohlenpreise ab die Einführung elektrischer Zugförderung auch finanziell einen Vorteil gegenüber dem Dampfbetriebe verspricht, so bleibt doch angesichts der vielen anderen, mit Zahlen nicht erfaßbaren Vor- und Nachteile des elektrischen Betriebs die Entscheidung für eine solche Umstellung im einzelnen Falle stets dem persönlichen Entschluß eines Einzelnen oder eines kleinen Gremiums vorbehalten.

Die Betrachtung der Vor- und Nachteile elektrischer Zugförderung hat jedenfalls ergeben, daß von einer absoluten Überlegenheit des elektrischen Betriebes gegenüber dem Dampfbetriebe nicht gesprochen werden kann. Seine Einführung kann unter gewissen Voraussetzungen dem Eigentümer der Bahn finanzielle Erfolge, dem Lande volkswirtschaftliche Vorteile bringen, sie muß es nicht. Sind die Voraussetzungen nicht in der genügenden Weise gegeben, so kann die Umstellung, wenn sie übereilt und ohne vorherige sorgfältigste Berechnungen vorgenommen wird, zu einer schweren Schädigung der Volkswirtschaft führen. Die Voraussetzungen, unter denen eine Elektrifizierung angebracht erscheint, sind aber zum größten Teil wirtschaftsgeographischer Natur. Der Reichtum eines Landes an Bodenschätzen und Naturkräften und die Bodengestaltung sind rein wirtschaftsgeographische Momente, die Verkehrsstärke ist von der Bevölkerungsdichte und der Höhe der Güterproduktion und diese sind wiederum von wirtschaftsgeographischen Faktoren abhängig. Hieraus erklärt sich die verschiedene Bedeutung, die das Problem der elektrischen

Zugförderung für die einzelnen Länder hat, und der verschiedene Stand der Vollbahnelektrifizierung in den einzelnen Ländern. Fast überall ist, wie der folgende Teil zeigen wird, bisher der elektrische Betrieb nur als eine Ergänzung zum Dampfbetriebe anzusehen, und er wird — vielleicht von der Schweiz abgesehen — den Dampfbetrieb nirgends ganz verdrängen können.

III. TEIL.

Der Stand der Vollbahnelektrifizierung in den einzelnen Staaten Europas.

Deutschland.

Deutschland ist als das Ursprungsland des Gedankens elektrischer Zugförderung zu betrachten. Auf Grund der Erfindung des dynamoelektrischen Prinzips und der Stromübertragung durch Werner von Siemens (1867) konnte die Firma Siemens & Halske bereits im Jahre 1879 auf der Gewerbeausstellung in Berlin die erste elektrisch betriebene Eisenbahn vorführen. Es war dies eine 300 m lange Ringbahn, die mit Gleichstrom von 150 Volt Fahrdrahtspannung betrieben wurde. Das elektrische Fahrzeug leistete bei einer Geschwindigkeit von etwa 7 km/h ungefähr 3 PS. Die erste dem öffentlichen Personenverkehr dienende Bahn wurde gleichfalls von der Firma Siemens & Halske in Groß-Lichterfelde b. Berlin im Mai 1881 eröffnet. Als dann die Ingenieure Brown (Chefelektriker der Maschinenfabrik Örlikon) und v. Dolivo-Dobrowolsky (Chefelektriker der A. E. G.) bei ihren Versuchen zur Kraftübertragung mit der Übertragungsleitung Lauffen—Frankfurt (75 km) auf der Frankfurter Ausstellung im Jahre 1891 außerordentlich günstige Resultate erzielten, wurde der elektrischen Zugförderung bald von der deutschen Industrie und auch den maßgebenden Behörden, insbesondere dem Preußischen Ministerium für öffentliche Arbeiten größte Aufmerksamkeit geschenkt. Unter seiner Führung wurden von 1901—1902 auf der Strecke Berlin–Zehlendorf (Wannseebahn) Versuche mit Gleichstrom (600 Volt Spannung, Stromzuführung durch dritte Schiene) unternommen. Damit wurde zum ersten Male in Deutschland ein elektrischer Betrieb auf einer

Vollbahn in einen Dampfbetrieb eingefügt. Ebenso beteiligte sich das Preußische Ministerium an den umfangreichen und außerordentlich erfolgreichen Versuchen der von den Firmen Siemens & Halske und Allgemeine Elektrizitäts-Gesellschaft geführten Studiengesellschaft für elektrische Schnellbahnen, die in den Jahren 1901—5 auf der Militäreisenbahn Marienfelde—Zossen b. Berlin einen Schnellverkehr bei Verwendung von Drehstrom (10 000 Volt, 45 Doppelpulse) einrichtete.

Nach weiteren erfolgreichen Versuchen auf den Strecken Berlin—Großlichterfelde (Ost) (1903,) Niederschönweide—Johannisthal—Spindlersfeld (1903—1906)[1]) und der Vorortbahn Blankenese—Altona—Hamburg—Ohlsdorf (1907) ging die Preußische Eisenbahnverwaltung bald an die Einführung des elektrischen Betriebes auf ihren Fernbahnen. Auf Grund der günstigen Ergebnisse bei den beiden letztgenannten Bahnen und der Erfahrungen, die eine Studienkommission im Herbst 1907 bei einer großen Anzahl elektrischer Kraftanlagen und Eisenbahnen in Nordamerika sammeln konnte, entschloß man sich zur Wahl des Einphasenwechselstromes und begann bereits 1910 mit den entsprechenden Vorarbeiten auf den Strecken Dessau—Bitterfeld und Lauban—Königszelt. Durch die Wahl dieser Strecken wollte man die Auswirkung des elektrischen Betriebes sowohl auf einer Flachland- als auch einer Gebirgsstrecke erproben. Inzwischen war man auch in Ober-Bayern an die Elektrifizierung einiger Vollbahnstrecken gegangen (1905 Murnau—Oberammergau, 1909 Berchtesgaden — Reichsgrenze b. Schellenberg). Damit waren die 3 größeren Gebiete, in denen bis heut die Elektrifizierung ständig weitere Fortschritte gemacht hat, bereits festgelegt.

Die Tatsache, daß die Einführung elektrischen Betriebes auf Vollbahnen in der Hauptsache auf diese drei Gebiete beschränkt geblieben ist, findet ihre Begründung nicht nur darin, daß man zunächst einmal geschlossene Netze von einigem Umfang brauchte, auf denen ausschließlich elektrischer Betrieb durchgeführt werden kann, um zu brauchbaren Resultaten über die Auswirkung elektrischer Zugförderung zu gelangen, sondern erklärt sich auch aus der Gegebenheit besonderer Vorbedingungen. Bei den Schlesischen Gebirgsbahnen ist es das Vorhandensein zahlreicher und großer Steigungen, zu deren Überwindung die elektrische Lokomotive in höherem Maße geeignet ist, als die Dampflokomotive, und die Möglichkeit der Verwertung in der Nähe geförderter minderwertiger Steinkohle in dem Kraftwerk, in Mitteldeutschland sind es die umfangreichen

[1]) Erste Wechselstrombahn der Welt.

Braunkohlenvorkommen, in Bayern ist es neben dem gebirgigen Charakter der Strecken die weite Entfernung von Steinkohlenlagern und das Vorhandensein von ausbeutbaren Wasserkräften. Diese Bezirke weisen also Vorbedingungen auf, die, wie im ersten Teil gezeigt wurde, die Möglichkeit bieten, mit elektrischer Zugförderung Vorteile zu erlangen. Zunächst scheinen aber in Deutschland auch nur für diese Gebiete solche Vorbedingungen gegeben zu sein. Für das gesamte deutsche Bahnnetz ergibt sich weder aus der Lage der Wärmewirtschaft Deutschlands noch aus der Stärke des Verkehrs eine Notwendigkeit zur Elektrifizierung.

Deutschland stehen auch in dem ihm nach dem Weltkriege verbliebenen Gebiete Steinkohlenlager zur Verfügung, deren Ergiebigkeit die Versorgung des mit Dampf betriebenen Eisenbahnnetzes noch auf lange Zeit hinaus sicher stellt; unter günstigen Bedingungen ausnutzbare Wasserkräfte finden sich nur in Süddeutschland. Das Vorkommen von Braunkohlen beschränkt sich (von kleineren Lagern abgesehen) auf Mitteldeutschland, Öl und andere Brennstoffe sind wenig oder garnicht vorhanden. Die neuesten Verwertungsmöglichkeiten der Steinkohle (Verflüssigung usw.) sind technisch noch nicht soweit ausgebildet, um durch ausgedehnte Anwendung einen nachhaltigen Einfluß auf den Steinkohlenbedarf auszuüben. Der Verkehr ist im Durchschnitt auf den Fernlinien der Deutschen Reichsbahn nicht so stark, daß er insbesondere in Bezug auf die zu befördernde Gütermenge und Personenzahl mit Dampfbetrieb nicht in genügender Weise durchgeführt werden könnte. Die Forderungen nach größerer Beschleunigung und dichterer Zugfolge, die von zahlreichen Seiten erhoben werden, können allein nicht Anlaß zu einer Elektrifizierung des gesamten Netzes sein, zumal die Lage des deutschen Kapitalmarktes, der unter den Nachwirkungen des Krieges steht und noch lange stehen wird, eine umfangreiche Kapitalinvestierung garnicht zuläßt. Die Elektrifizierung von Vollbahnen in Deutschland hat demzufolge bisher immer noch den Charakter von Versuchen auf Strecken, die hierfür besonders begünstigt erscheinen, und die Deutsche Reichsbahngesellschaft stellt zur Zeit auf diesen Strecken auch umfangreiche und sehr eingehende Erhebungen über die betriebswirtschaftliche Auswirkung der elektrischen Zugförderung an, um auf diese Weise allmählich eine sichere Grundlage für die Beurteilung ihrer Bedeutung zu erlangen. Dabei geht gerade in Deutschland die Anregung in hohem Maße von Seiten der außerordentlich leistungsfähigen Elek-

troindustrie aus, die dauernd bestrebt ist, der Eisenbahn durch immer neue technische Verbesserungen und weitere gründliche Voranschläge über Einzelausführungen die Elektrifizierung einzelner Strecken nahe zu legen. Dem Drängen dieser und auch anderer Wirtschaftskreise konnte sich die Reichsbahn ebenso wie die früheren Staatsbahnen nicht immer verschließen und ergriff oft auch selbst Maßnahmen, um dem Gedanken der Vollbahnelektrifizierung zur Anerkennung zu verhelfen. Seit den ersten Anfängen um die

Die Länge der elektrisch betriebenen Bahnen in Deutschland (in km)

am 1. Januar in	1901	1902	1903	1904	1905	1906	1907	1908	1909	1910
Schlesien	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Mitteldeutschland	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Bayern	—	—	—	—	—	—	—	—	—	12,4
Baden	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Berlin	11,9	11,9	11,9	13,4	13,4	13,4	13,4	11,1	11,1	11,1
Hamburg	—	—	—	—	—	—	—	26,5	26,5	26,5
Sachsen	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Altona	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
zusammen:	11,9	11,9	11,9	13,4	13,4	13,4	13,4	37,6	37,6	50,0

am 1. Januar in	1911	1912	1913	1914	1915	1916	1917	1918	1919
Schlesien	—	—	—	—	34,5	36,1	54,0	71,6	71,6
Mitteldeutschland	—	25,6	25,6	25,6	25,6	25,6	—	—	—
Bayern	16,7	16,7	16,7	53,7	53,7	94,2	94,2	94,2	94,2
Baden	—	—	—	48,5	48,5	48,5	48,5	48,5	48,5
Berlin	11,1	11,1	9,3	9,3	9,3	9,3	9,3	9,3	9,3
Hamburg	26,5	26,5	26,5	26,5	26,5	26,5	26,5	26,5	26,5
Sachsen	—	—	—	—	—	—	—	5,0	5,0
Altona	—	—	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5
zusammen:	54,3	79,9	79,6	165,1	199,6	241,7	234,0	256,6	256,6

am 1. Januar in	1920	1921	1922	1923	1924	1925	1926	1927
Schlesien	91,2	111,9	128,0	180,0	258,1	261,3	261,3	261,3
Mitteldeutschland	—	—	46,1	112,3	173,1	173,1	179,0	179,0
Bayern	94,2	94,2	94,2	94,2	94,2	94,2	353,6	440,3
Baden	48,5	48,5	48,5	48,5	48,5	48,5	48,5	48,5
Berlin	9,3	9,3	9,3	9,3	9,3	32,0	58,2	79,7
Hamburg	26,5	26,5	26,5	26,5	26,5	32,3	32,3	32,3
Sachsen	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0
Altona	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5
zusammen:	276,2	296,9	359,1	477,3	616,2	647,9	939,4	1047,6

Betriebseröffnungen:

	Schlesien	km
1914	Nieder Salzbrunn—Halbstadt	34,5
1915	Fellhammer—Gottesberg	1,6
1916	Nieder Salzbrunn—Dittersbach	12,9
„	Dittersbach—Fellhammer	5,0
1917	Nieder Salzbrunn—Königszelt	17,6
1919	Gottesberg—Ruhbank	13,3
„	Ruhbank—Merzdorf	6,3
1920	Merzdorf—Schildau	15,6
„	Schildau—Hirschberg	5,1
1921	Ruhbank—Landeshut	5,9
„	Landeshut—Liebau	10,2
1922	Hirschberg—Lauban	52,0
1923	Hirschberg—Grünthal	52,5
„	Lauban—Görlitz	25,6
1924	Görlitz—Schlauroth	3,2
	Am 1. 1. 27 in Betrieb	261,3

	Mitteldeutschland	km
1911	(1922) Bitterfeld—Dessau	25,6
1921	Leipzig—Wahren—Schönefeld	13,4
„	Leipzig—Bitterfeld	32,7
1922	Leipzig—Halle	37,7
„	Schönefeld—Engelsdorf	2,9
1923	Dessau—Güterglück	26,4
„	Güterglück—Magdeburg	34,4
1925	Magdeburg Hptbh.—Magdeburg Rothensee	5,9
	Am 1. 1. 27 in Betrieb	179,0

	Bayern	km
1909	Berchtesgaden—Rchsgr. b. Schellenberg	12,4
1910	Berchtesgaden—Königssee	4,3
1913	Garmisch—Rchsgr. bei Mittenwald	23,7
„	Garmisch—Rchsgr. b. Griesen	13,3
1915	Salzburg—Freilassing	6,7
„	Freilassing—Berchtesgaden	33,8
1922	München—Tutzing—Garmisch	100,6
„	Tutzing—Kochel	35,5
„	München—Herrsching	38,3
„	Weilheim—Peißenberg	9,0
„	München—Landshut	76,0
1926	Landshut—Regensburg	62,0
„	München—Pasing, Moosach, Feldmooching	24,7
	Am 1. 1. 27 in Betrieb	440,3

Nach einer Zusammenstellung in Wechmann: Der elektrische Zugbetrieb der deutschen Reichsbahn, Bln. 1924, S. 13.

Jahrhundertwende hat dieser Gedanke auch ständig an Boden gewonnen; die Anzahl der elektrisch betriebenen Strecken erhöhte sich von Jahr zu Jahr. In vorstehenden Tabellen ist versucht worden, die Entwicklung der elektrischen Zugförderung in Deutschland darzustellen.

Von diesen Tabellen interessieren in erster Linie die Zahlen für die drei Gebiete Schlesien, Mitteldeutschland und Bayern. Sie zeigen, daß man mit dem elektrischen Ausbau von Vollbahnen zuerst in Bayern begann, wo man im Jahre 1909 die 12,4 km lange Strecke Berchtesgaden—Reichsgrenze b/Schellenberg als Fortsetzung der elektrisch betriebenen österreichischen Linie Salzburg-Reichsgrenze auf elektrischen Betrieb umstellte. Ebenfalls im Anschluß an das Vorgehen Österreichs wählte man für diese Strecke Gleichstrom (von 1000 Volt Spannung). In Mitteldeutschland konnte 1911 auf der 25,6 km langen Strecke Dessau—Bitterfeld der Betrieb mit Einphasenwechselstrom (15 kV, $16^2/_3$ Perioden) eröffnet werden. Erst im Jahre 1914 folgte der erste Abschnitt der Schlesischen Gebirgsbahnen mit der Strecke Niedersalzbrunn—Halbstadt (34,5), ebenfalls mit Einphasenwechselstrom, für den man sich inzwischen endgiltig entschieden hatte.

Der weitere Ausbau in diesen Hauptgebieten hat bisher in **Bayern** die größten Fortschritte gemacht. Dort umfaßt der elektrische Betrieb jetzt die Strecken

München—Landshut—Regensburg	138	km
München—Tutzing—Weilheim—Garmisch-Partenkirchen	100,6	„
mit den Abzweigungen		
Tutzing—Kochel	35,5	„
Weilheim—Peissenberg	9,0	„
Garmisch—Reichsgrenze b/Mittenwald	23,7	„
und Garmisch—Reichsgrenze b/Griesen	13,3	„
ferner		
München-Herrsching	38,3	„
Freilassing—Salzburg	6,7	„
Freilassing—Berchtesgaden—Reichsgrenze b/Schellenberg	46,2	„
Berchtesgaden—Königssee	4,3	„
und schließlich die Güterbahnen von München-Laim nach Pasing u. Moosach u. von München-Ost nach Feldmooching	24,7	„
	440,3	km.

Im Ausbau befindet sich zur Zeit die Strecke München—Rosenheim—Kufstein (98,9 km).[1]) Des weiteren ist man in der planmäßigen Vorbereitung der Strecken

Rosenheim—Freilassing	81,7	km
München—Pasing—Augsburg	61,9	„

[1]) München—Rosenheim wurde inzwischen am 13. 4. 27 in Betrieb genommen.

mit Abzweigung

Pasing—Grafroth—Geltendorf	42,1 km
und München—Holzkirchen—Rosenheim	73,6 „

mit den Abzweigungen

Holzkirchen—Bad Tölz—Langgries	30,9 „
und Holzkirchen—Bayrisch Zell	41,2 „

und schließlich der Strecke
München—Augsburg—Ulm
begriffen.

Die Elektrifizierung der Eisenbahnlinien in Bayern stützt sich auf die Ausnutzung der vorhandenen Wasserkräfte. Der Bahnstromlieferung dienen zur Zeit das Wasserkraftwerk Gartenau b/Berchtesgaden für die Strecke Reichsgrenze b/Schellenberg – Berchtesgaden – Königssee, das Saalachkraftwerk in Karlstein b/Bad Reichenhall für die Strecke Salzburg—Freilassing – Berchtesgaden und das Walchenseewerk und die Werke Aufkirchen und Eiting mit den Unterwerken Murnau, Pasing und Landshut für die von München ausgehenden übrigen Strecken. Saalachkraftwerk und Kraftwerk bei Gartenau gehören der Deutschen Reichsbahngesellschaft, des Walchenseewerk der Walchenseewerk-Aktiengesellschaft in München und Aufkirchen und Eiting der Mittlere Isar-Aktiengesellschaft in München. Die von Garmisch-Partenkirchen nach der Reichsgrenze führenden Strecken werden von dem im Ruetzbach bei Innsbruck (Oesterreich) gelegenen Kraftwerke versorgt[1]).

Der endgiltige Ausbau des Bayrischen Eisenbahnnetzes wird die Möglichkeit geben, für dieses Gebiet den gesamten Betrieb vollständig so umzustellen, daß die durch die Elektrifizierung herbeigeführten Änderungen klar zu Tage treten werden und man schließlich zu einwandfreien Zahlen für Ersparnisse und Mehrausgaben wird gelangen können. Bereits jetzt konnte der Fahrplan für eine Reihe der elektrifizierten Strecken so aufgestellt werden, daß eine wesentlich bessere Ausnutzung der Anlagen und insbesondere der Triebwagen herbeigeführt wurde. Für die kurze Zeit von der Betriebseröffnung der größeren Abschnitte (1925) bis zum Ende des ersten Betriebsjahres ließ sich durch entsprechende Gestaltung des Fahrplanes (Vermehrung der Züge, Erhöhung der Fahrgeschwindigkeit) eine Leistungssteigerung um 25—35% gegenüber den Dampflokomotiven bei gleichen Betriebsverhältnissen erreichen. Bei gleicher Ausdehnung des Netzes, wie am 1. 1. 1925 errechnete sich

[1]) Über technische Einzelheiten unterrichtet Wechman: Der elekrische Zugbetrieb der Deutschen Reichsbahn und eine Reihe von Artikeln in den Monatsheften: Elektrische Bahnen, Berlin 1924,

für das Jahr 1926 eine Ersparnis von rund 58000 t Kohle im Werte von etwa 1,85 Mill. Reichsmark. Von den zurückgelegten Lokomotivkilometern konnten 95% mit einmänniger Besatzung gefahren werden, woraus sich für die Monate Oktober bis Dezember 1925 eine Ersparnis an Fahrpersonal von 74% ergab. Ebenso ergab sich für den Personalbedarf zur Behandlung der elektrischen Lokomotiven im Betriebe (Betriebsarbeiter) eine Ersparnis von 73%[1]. (Über den Mehrbedarf an Werkstättenarbeitern und Personal für die Fahrleitungsunterhaltung sind leider keine Angaben gemacht worden.)

Auf den **Schlesischen** Gebirgsbahnen umfaßt der elektrische Zugbetrieb die Strecken

Schlauroth—Görlitz—Lauban—Hirschberg—Ruhbank—Gottesberg—Dittersbach—Nieder-Salzbrunn—Königszelt	158,2 km
mit den Abzweigungen	
Hirschberg—Grünthal(—Polaun)	52,5 „
Ruhbank—Liebau	16,1 „
und Ndr.-Salzbrunn—Fellhammer—Halbstadt	34,5 „
	261,3 km

Der weitere Ausbau erstreckt sich zur Zeit auf das Reststück Königszelt—Breslau der Verbindung Breslau—Hirschberg.

Als weiterer Plan besteht die Elektrifizierung einer der verkehrsreichsten Linien Schlesiens, der 170 km langen Strecke Görlitz—Kohlfurth—Bunzlau—Arnsdorf—Liegnitz—Breslau. Hierbei wird allerdings der Bau eines neuen Kraftwerkes nötig werden. Mit der Fertigstellung dieser Hauptstrecke wird dann auch der Ausbau der Verbindungsstrecken

Liegnitz—Jauer—Königszelt
Jauer—Merzdorf
Haynau—Goldberg—Merzdorf
Siegersdorf—Löwenberg—Hirschberg
Kohlfurth—Lauban
und Liegnitz—Goldberg—Löwenberg—Greiffenberg

erfolgen müssen. Die Strecke—Dittersbach—Glatz hat man wegen des geringen Verkehrs zunächst noch zurückgestellt.

Den Bahnstrom für die bisher elektrifizierten Strecken liefert das Dampfkraftwerk Mittelsteine, in dem geringwertige Steinkohle, die in der Nähe gefördert wird, zur Verwendung gelangt. Es wurde mit Privatkapital von den Siemens-Schuckert-Werken und der Allgemeinen-Elektrizitäts-Gesellschaft in den Jahren 1910—14 errichtet und am 1. 4.

[1]) H. Mühl: Das erste Betriebsjahr im elektrisierten Streckengebiet Süd-Bayerns Elektr. Bahnen 2, Jahrg. S. 62 ff.

1914 in Betrieb genommen. Die frühere preußische Eisenbahnverwaltung hatte mit diesen Firmen einen Stromlieferungsvertrag abgeschlossen, der aber durch die Kriegsfolgen umgestoßen wurde. An seine Stelle trat im Jahre 1920 ein Selbstkostenvertrag, wonach der Betrieb des Kraftwerkes für Rechnung der Deutschen Reichsbahn geführt werden sollte. Der Kapitaldienst wurde so geregelt, daß im Jahre 1949 das Werk und die übrigen Anlagen in das Eigentum der Reichsbahn übergehen sollten. Dies ist inzwischen durch Ankauf bereits am 30. 9. 26 geschehen.

Von Mittelsteine aus führt eine Übertragungsleitung nach den Unterwerken Niedersalzbrunn, Hirschberg und Lauban. (Das Unterwerk Ruhbank ist stillgelegt worden.) Ein weiteres Unterwerk wird unmittelbar an dem Kraftwerk errichtet und soll der Versorgung der Strecke Dittersbach—Glatz dienen.

Seit 1924 konnten genauere Angaben über den Betrieb auf den Schlesischen Gebirgsbahnen aufgezeichnet werden.[1]) Nach diesen ergaben sich schon im Jahre 1925 (obwohl der Fahrplan nur zum Teil den Bedürfnissen der elektrischen Zugförderung angepaßt werden konnte, da auf die Anschlüsse der mit Dampf betriebenen Strecken Rücksicht genommen werden mußte) Ersparnisse an Lokomotivpersonal in Höhe von 47%, an Betriebsarbeitern bis 50%, während bei den Handwerkern für die Unterhaltung der Lokomotiven in den Bahnbetriebswerken sich bei Dampfbetrieb ein Minderverbrauch an Köpfen bis zu 45% ergab. Im Gesamtergebnis wurden auf 1000 Lokomotiveinheitskilometer 33% Köpfe weniger gebraucht als beim Dampfbetrieb.

In **Mitteldeutschland** ist auf den Strecken

	Leipzig—Bitterfeld—Dessau—Magdeburg-Hauptbahnhof—Magdeburg-Rothensee	117,8 km
	Leipzig—Halle	36,1 „
und	Leipzig-Wahren—Schönefeld—Engelsdorf	25,1 „
		179,0 km

elektrischer Betrieb eingeführt.

Mit dem zunächst geplanten weiteren Ausbau der Reststrecke Halle—Cöthen—Magdeburg und der Verbindungsstrecke Schönebeck—Groß Salze—Elmen konnte infolge der schwierigen Finanzlage der Reichsbahn noch nicht begonnen werden.

Die Stromerzeugung findet in dem bahneigenen Braunkohlen-Kraftwerk Muldenstein bei Bitterfeld statt. Der

[1]) Jahresbericht über die Entwicklung und die Ergebnisse der elektrischen Zugförderung auf den Schlesischen Gebirgsbahnen im Jahre 1925.

Verteilung des Stromes dienen die drei Unterwerke Wahren, Marke, Gommern.

Neben den drei Hauptgebieten in Mitteldeutschland, Schlesien und Bayern finden sich noch zwei Fernbahnen in **Baden** mit elektrischem Betrieb: die Wiesenthalbahn von Basel nach Zell und die Wehratalbahn von Schopfheim nach Säckingen (zusammen 48,5 km). Diese gleichfalls mit Einphasenwechselstrom betriebenen Bahnen werden von dem Wasserkraftwerk Wyhlen a. Rh., das der Kraftübertragungswerke Rheinfelden-Aktiengesellschaft gehört, mit Gleichstrom versorgt, der in dem Unterwerk Basel umgeformt wird.

Da sich auch in Baden zahlreiche Ausnutzungsmöglichkeiten von Wasserkräften (insbesondere am Oberrhein zwischen Konstanz und Kambs und im Schwarzwald[1]) finden[2]), liegt eine weitere Ausdehnung des elektrischen Zugbetriebes, die zur Zeit aus finanziellen Gründen noch unmöglich ist, nahe. Bei Elektrifizierung einzelner Strecken ist der Gedanke zu erwägen, das Bahnstromnetz über Umformerwerke an das für das ganze Land vorgesehene weitverzweigte Fernleitungsdrehstromnetz für die allgemeine Landesversorgung anzuschließen. Bei Elektrifizierung des gesamten Bahnnetzes in Baden würde jedoch die Errichtung bahneigener Einphasenstromkraftwerke wegen der Vermeidung der recht beträchtlichen Stromverluste bei der Umformung vorteilhafter sein. Von den geplanten Wasserkraftwerken am Oberrhein hat man bereits das Werk bei Schwörstadt als Bahnkraftwerk vorgesehen[3]).

Für die weitere Bahnelektrifizierung sind zunächst die Strecken

Basel—Haltingen
und Leopoldshöhe—Weil—Stötten—Lörrach

vorgesehen. Die von der Reichsbahndirektion Karlsruhe in letzter Zeit vorgenommenen Untersuchungen haben ergeben, daß auf Grund des starken Verkehrs auch ein Ausbau der Hauptstrecken

Mannheim—Heidelberg—Karlsruhe – Freiburg
und Karlsruhe—Stuttgart

wirtschaftlich gerechtfertigt sei. Von besonderem Vorteil erscheint hierbei der bessere Anschluß an den elektrischen Bahnbetrieb der Schweiz und die Möglichkeit der Abkürzung

[1]) Schluchseewerk in der Wutach.

[2]) Etwa 13% der ausnutzbaren Wasserkräfte Deutschlands (Sinner: in der Deutschen Allgem. Zeitung vom 6. 4. 27).

[3]) Mit finanzieller Unterstützung des Freistaates Baden und der Schweizer Eidgenossenschaft ist nunmehr mit dem Bau dieses Werkes begonnen worden (Deutsche Allg. Ztg. vom 26. 5. 27).

der Fahrzeit auf der international bedeutsamen Durchgangslinie Mannheim—Basel, wodurch auch der Konkurrenz der linksrheinischen Bahnen besser entgegengetreten werden könnte.

Im Gegensatz zu Bayern und Baden verfügt **Württemberg** über keine ausbaufähigen Wasserkräfte. Eine Elektrifizierung wäre, da Kohlen garnicht vorkommen und die Torf- und Ölschiefergewinnung nicht ausreicht, nur dann möglich, wenn die Deckung des Kraftbedarfes aus den benachbarten Ländern erfolgen könnte. Diese Möglichkeit ist nun durch den Zusammenschluß der deutschen Bahnen in der Deutschen Reichsbahn näher gerückt, und man hat daher auch den Ausbau der Anschlußstrecke (Mannheim-)Heilbronn-Stuttgart-Ulm-(Augsburg-München) schon ins Auge gefaßt.

Von einer Schmalspurnebenbahn in **Sachsen** (Klingental—Untersachsenberg—Georgental, 5 km) und der Hafenbahn in Altona (1,5 km) abgesehen hat Deutschland elektrischen Betrieb nur noch auf den Vorortbahnen von Hamburg (Hamburg—Blankenese—Poppenbüttel 32,3 km) und Berlin (z. Zt. 79,7 km) aufzuweisen.

Insgesamt waren am 1. Januar 1927 bei der Deutschen Reichsbahn

935,6 km Fernbahnen
und 112,0 „ Vorortbahnen
zusammen 1047,6 km

für elektrischen Zugbetrieb eingerichtet. Von den im Deutschen Reich am 1. Januar 1927 vorhandenen 52567,1 km vollspuriger Eisenbahnen wurden also nur 2% elektrisch betrieben.

Von Privatbahngesellschaften werden zur Zeit folgende vollspurigen Strecken von nur lokaler Bedeutung elektrisch betrieben:

Albatalbahn	27,96 km	Bad. Lokalb. A. G.
Teil der Strecke Wiesloch—Waldangelloch (23,74 km)	3,06 „	„ „ „ „ (1906)
Köln—Bonn (Rheinuferbahn)	28,32 „	Köln—Bonner Eisenb. Ges.
Köln—Frechen—Benzelreuth	11,50 km	K.—Fr.—B.er Eisenbahn
Bad Aibling—Feilnbach	12,14 „	Münch. Lok. Bahn A. G.
Meckenbeuren—Tettnang	4,30 „	„ „ „ „ „ (1895)
München—Grünwald (Isartalb.)	9,30 „	„ „ „ „ „ (1899)
Murrnau—Oberammergau	23,71 „	„ „ „ „ „ (1905)
Türkheim—Wörishofen	5,21 „	„ „ „ „ „
	125,50 km	

Auf den Fernstrecken der Deutschen Reichsbahn wurden am 1. Januar 1927

301 elektrische Lokomotiven
und 26 Triebwagen

verwendet. Diese Fahrzeuge leisteten im Jahre 1926 zusammen mit den auf den Vorortstrecken von Berlin und Hamburg laufenden 315 elektrischen Triebwagen

5374,1 Mill. Bruttotonnenkilometer (gegenüber
1029,5 „ „ im Jahre 1922)[1].

Die entsprechenden Zahlen für den Dampfbetrieb der Deutschen Reichsbahn sind für 1926

27373 Dampflokomotiven
37 Dampftriebwagen

und 218430,9 Mill. Bruttotonnenkilometer.

Für den gesamten elektrischen Betrieb der Deutschen Reichsbahn wurden im Jahre 1926 192,39 Mill. kWh abgegeben.

Die Schweiz.

Die Schweiz erscheint durch ihre wirtschaftsgeographische Struktur für die Bahnelektrifizierung besonders geeignet. Fast die gesamte zum Betriebe der Bahnen notwendige Kohle muß aus dem Auslande eingeführt werden; der in Wallis geförderte Anthrazit vermag nur einen ganz verschwindenden Teil dez Kohlenbedarfes des Landes zu decken. Demgegenüber sind zahlreiche Wasserkräfte vorhanden, deren Ausbeutung in weitem Maße möglich ist[2]). Die Bahnstrecken selbst weisen zahlreiche recht erhebliche Steigungen auf, der Verkehr auf dem weitverzweigten Netz ist außerordentlich stark. Daraus erklärt sich, daß man schon sehr zeitig der Frage der Vollbahnelektrifizierung näher trat. Die erste elektrisch betriebene Vollbahnlinie war die 41 km lange Burgdorf—Thun-Bahn, die im Jahre 1899 für elektrischen Betrieb umgebaut wurde. Die Schweizerischen Bundesbahnen kamen jedoch — abgesehen von der 22 km langen im Jahre 1906 elektrifizierten durch den Simplontunnel führenden Strecke — erst im Jahre 1919 zur Fertigstellung ihrer ersten, bereits im Jahre 1913 beschlossenen Umstellung auf elektrischen Betrieb auf der Gotthardstrecke Erstfeld —Bellinzona. Die durch den Krieg herbeigeführte Kohlenteuerung und Kohlennot gab einen mächtigen Anstoß für die Vollbahnelektrifizierung. Während die mit Dampf betriebenen Bahnen zu äußerst starken Betriebseinschränkungen schreiten mußten, konnten die damals bereits elektrisch betriebenen Bahnen (S. B. B.: 23 km, 6 Privatbahnen: 296 km und zahlreiche Neben- und Zahnradbahnen mit

[1]) Wechmann: Der elektrische Zugbetrieb der Deutschen Reichsbahngesellschaft im Jahre 1926. Elektrische Bahnen 3. Jahrg. S. 1—6.

[2]) Vergl. Berichterstattung I S. 273 ff. „Stand und Entwicklung der Verwertung der Schweizerischen Wasserkräfte".

mehr als 1000 km) die erforderlichen Leistungen ohne große Schwierigkeiten zur Verfügung stellen. So lernte die Bevölkerung auf sehr fühlbare Weise die Abhängigkeit der schweizerischen Bahnen vom Auslande kennen und begann die Elektrifizierung der wichtigen Bahnlinien zu einer wirtschaftspolitischen Forderung und nationalen Notwendigkeit zu erheben. Unter diesen Umständen mußten die Bemühungen um einen weitestgehenden Ausbau des elektrischen Betriebes bereitwilligst Zustimmung und Unterstützung finden. Noch ehe die Strecke Erstfeld—Bellinzona fertiggestellt war, wurde die Fortsetzung der Elektrifizierung auf dieser Strecke bis nach Chiasso und Zürich beschlossen. Im August 1919 wurde ein von der Generaldirektion der Schweizerischen Bundesbahnen dem Verwaltungsrat vorgelegtes Elektrifizierungsprogramm mit 30 Jahren Durchführungsfrist von diesen genehmigt, 1921 wurde durch das sogenannte Beschleunigungsprogramm für einen Teil des ersten Planes diese Frist noch wesentlich herabgesetzt und zu diesem Zwecke eine Summe von 60 Mill. Franken vom Parlament bewilligt. Das Beschleunigungsprogramm stellte eine feste Reihenfolge der bis Ende 1928 zu elektrifizierenden Linien auf und lieferte damit die Grundlage für ein entsprechendes Arbeitsprogramm.

Wie andere wichtige Länder hatte sich die Schweiz für das Einphasensystem mit niedriger Periodenzahl entschlossen. Sie konnte sich dabei sowohl auf die Ergebnisse bereits vorhandener elektrischer Bahnen als auch auf die ausführlichen und genauen Untersuchungen der Schweizerischen Studienkommission für elektrischen Bahnbetrieb stützen. Diese Kommission, die im Jahre 1904 gegründet wurde, stellte außerordentlich genaue und bis ins Einzelne gehende Untersuchungen und Berechnungen über die Möglichkeit der Elektrifizierung der Schweizerischen Bundesbahnen an. Die von der Kommission in einer Reihe von Berichten und Mitteilungen veröffentlichten Abhandlungen über die einzelnen Teilfragen erstrecken sich sowohl auf den Kraftbedarf und die Systemfrage, wie auch auf die Wirtschaftlichkeit der Anlagen. Die Kommission kam auf Grund ihrer Untersuchungen zu folgendem Schlusse[1]):

„Der elektrische Vollbahnbetrieb ist technisch zuverlässig und vollkommen befriedigend möglich.

Für die Verhältnisse der Schweizerischen Bundesbahnen, auch mit besonderer Berücksichtigung der Gotthardbahn, eignet sich am besten das Betriebssystem mit Einphasen-

[1]) Mitteilungen der Schweizerischen Studiumkommission für elektrischen Bahnbetrieb Nr. 4, Zürich 1912 S. 138.

strom von ungefähr 15 Perioden und einer Fahrdrahtspannung von etwa 15000 Volt, wobei diese Stromart zweckmäßig direkt als solche in Wasserkraftwerken zu erzeugen und auf möglichste Verwendung von Werken mit Akkumulierfähigkeit zu sehen ist.

Die für diese Betriebsart durchgerechneten Projekte für den elektrischen Betrieb der Gotthardbahn zeigen, daß dieser für einen Verkehr, wie er bei Einführnng der Elektrifikation vorhanden sein wird, schon bei den gegenwärtigen Kohlenpreisen (1912) trotz Annahme wesentlich größerer Geschwindigkeit erheblich billiger sein wird, als der Dampfbetrieb, wozu die Vorteile der Rauchlosigkeit und die Möglichkeit besserer Ausnutzung der Bahnanlagen kommen."

Auf Grund des schweizerischen Elektrifizierungsprogramms haben die Schweizerischen Bundesbahnen bis Ende 1926 insgesamt 1066,8 km Vollbahnen für den elektrischen Betrieb ausgebaut. Gleichzeitig haben auch die elektrisch betriebenen Vollbahnstrecken anderer Eisenbahngesellschaften an Ausdehnung gewonnen; 348,3 km vollspurige Bahnen dieser Gesellschaften wurden Ende 1926 elektrisch betrieben.

Der elektrische Betrieb, der sich also zur Zeit auf insgesamt 1415,1 km erstreckt, umfaßt die Hauptlinien

Basel—Brugg—Zürich—Zug—Arth-Goldau—Gotthard—Chiasso	332,2	km
Basel—Pratteln—Olten—Luzern	87,0	„
Brugg—Olten—Burgdorf—Bern—Spiez—Lötschberg—Simplon—Iselle	236,6	„
Genève—Lausanne—Martigny—Brig (einschl. Lausanne—Palézieux)	228,0	„

und die Verbindungsstrecken

Luzern—Immensee—Arth-Goldau	27,8	„
Luzern—Rothkreuz—Zug	28,0	„
Rothkreuz—Immensee	8,0	„
Zürich—Rapperswil	36,0	„
Zürich—Winterthur	27,0	„
Thalwil—Richterswil	15,0	„
Beinwil—Münster	8,0	„
Luzern—Wildegg	51,6	„
Lausanne—Vallorbe	47,0	„
Daillens—Yverdon	19,0	„
Freiburg—Murten—Ins	32,3	„
Bern—Schwarzenburg	20,9	„
Bern—Thun	34,5	„
Thun—Burgdorf	41,0	„
Spiez—Zweisimmen	34,9	„
	1314,8	km

	Übertrag 1314,8	km
Spiez—Böningen	20,3	„
Burgdorf—Langnau	22,0	„
Arth-Goldau—Arth am See	2,7	„
Wohlen—Fahrwangen	8,2	„
Zürich-Selnau—Ütliberg	9,1	„
Zürich-Selnau—Sihlbrugg	18,0	„
Martigny—Orsières	20,0	„
	1415,1	km.

Der Krafterzeugung dienen bei den Bundesbahnen die beiden Kraftwerkgruppen Amsteg—Ritom—Göschenen und Barberine—Vernayez. Das Flußkraftwerk Amsteg liegt an der Nordrampe der Gotthardlinie und wird von den Flüssen Reuß, Fellibach und Kärstelenbach gespeist; an der Gotthard-Reuß liegt das Werk Göschenen. Ritom liegt an der Südrampe am Voßbach und dient als Speicherwerk. Die zweite Gruppe liegt im Kanton Wallis, Barberine an den Flüssen Barberine und Nant de Drance, Vernayez (zur Zeit noch im Bau) an Eau noire, Trient und Triège. Geplant sind zwei weitere Kraftwerke an der Sihl (Etzel) und der Aare (Rupperswil)[1]).

Für den steigenden Kraftbedarf bei fortschreitender Elektrifizierung haben die Bundesbahnen bereits Wasserkräfte im Reußgebiet zwischen Andermatt und Warren erworben und die Aarestrecke zwischen Aarau und Wildegg auf Grund des Bundesgesetzes betreffend die Nutzbarmachung der Wasserkräfte beansprucht. Wegen Ausnutzung der Sihl durch Errichtung eines Stausees im Hochtal östlich von Einsiedel stehen die Bundesbahnen mit den Regierungen von Zürich, Schwyz und Zug in Verhandlungen.

Die meisten übrigen Bahngesellschaften der Schweiz, die elektrischen Betrieb aufweisen, beziehen die Energie von privaten, kommunalen oder kantonalen Elektrizitätswerken. Dementsprechend besitzen auch nur die Schweizerischen Bundesbahnen ein Übertragungsleitungsnetz für den elektrischen Betrieb ihrer Strecken. Diese Anlagen mußten mit Rücksicht auf die Gestalt des von ihnen durchzogenen Geländes äußerst sorgfältig und jeweils verschieden und dem Gelände angepaßt ausgeführt werden. In den Tälern als unterirdische Kabelleitung, in den Vorbergen und der Hochebene als Freileitung ausgeführt, vermeidet die Übertragungsleitung möglichst die unmittelbare Berührung von Wohnstätten und die Westostrichtung, in der die Sturmwinde in der Schweiz vorherrschen.

In den in der nachstehenden Tabelle aufgeführten Unter-

[1]) Vergl. Berichterstattung II, Tabelle S. 992.

werken wird der von den Kraftwerken gelieferte Einphasenwechselstrom auf die Fahrdrahtspannung von 15 kV herabtransformiert.

Unterwerk	Speisebezirk	Jahr der Inbetriebnahme.
Thun	Thun—Bern	1919
Göschenen	Erstfeld—Bellinzona	1920
Giornico	" "	1921
Giubiasco	Bellinzona—Lugano	1922
Melide	Lugano—Chiasso	1922
Steinen	Erstfeld—Luzern	1922
Sihlbrugg	Arth Goldau—Zürich—Thalwil—Richterswil	1923
Emmenbrücke	Luzern—Olten	1924
	" —Arth Goldau	
	" —Zug	
Olten	Olten—Aarau	1924
	" —Basel	
	" —Herzogenbuchsee	
	" —Biel	
Brugg	Brugg—Aarau	1925
	" —Zürich	
	" —Pratteln	
	Rothkreuz—Rupperswil	
Seebach	Zürich—Winterthur	1925
	" —Schaffhausen	
	" —Rapperswil	
Burgdorf	Herzogenbuchsee—Bern	1925
Vernayez	Sitten—Lausanne	1923
Puidoux I	Lausanne—Sitten	1924
	" —Freiburg	
Bussigny	" —Vallorbe	1925
	" —Yverdon	
	" —Genf	
Puidoux II		im Bau
Kerzers		im Bau
Rupperswil		im Bau
Freiburg	Palézieux—Bern	im Bau
Gossau	Winterthur—St. Gallen—Rorschach	im Bau
Massaboden	Brig—Sitten	im Bau
Sargans	Chur—Richterswil, Sargans—Rorschach	Projekt
Winterthur	Winterthur—Romanshorn	
	" —St. Gallen	Projekt
Biel	Biel—Olten	Projekt
	" —Neuenburg	
	" —Bern	
	" —Delsberg	[1]

Die am Ende vorstehender Tabelle aufgeführten im Bau befindlichen und projektierten Unterwerke sollen bis Ende 1928 fertiggestellt sein. Bis dahin sollen gemäß dem Beschleunigungsprogramm 1621 km der Schweizerischen Bundesbahnen mit einer Gleislänge von 3784 km mit elektrischer

[1] Nach Berichterstattung II Tabelle S. 1019.

Fahrleitung ausgerüstet sein. Die Gesamtlänge elektrisch betriebener Bahnen der Schweiz soll zu diesem Zeitpunkt (1621+624=) 2245 km betragen.

Für den weiteren Ausbau sind zunächst vorgesehen die Strecken Palézieux—Bern
Winterthur—St. Gallen—Brugg
Richterswil—Sargans—Chur
Sargans—Buchs
Winterthur—Romanshorn—Rorschach
Bern—Biel
und Münster—Delsberg.

Der Betrieb auf den Strecken der Schweizerischen Bundesbahnen wurde am 1. September 1926 mit

176 Schnellzugslokomotiven
50 Personenzugslokomotiven
49 Güterzugslokomotiven
2 Rangierlokomotiven

268 elektrischen Lokomotiven
und 18 Motorwagen

durchgeführt. Die Rhätische Bahn verfügte zu gleicher Zeit über 27, die Berner Alpenbahn über 33 Lokomotiven und 5 Motorwagen.

In dem von der Schweiz anläßlich der Sondertagung der Weltkraftkonferenz in Basel 1926 erstatteten Bericht findet sich eine interessante Zusammenstellung der Kosten des elektrischen Zugbetriebes der Schweizerischen Bundesbahnen nach dem Stande der Elektrifizierung, wie er Ende 1928 erreicht sein soll. Dabei hat man die Sondergewinne, die sich aus den Anschaffungen während und kurz nach dem Kriege ergeben und die bereits erwähnte, vom Parlament gewährte Subvention von 60 Mill. Fr., die dazu dienen sollte, der herrschenden Arbeitslosigkeit zu steuern, unberücksichtigt gelassen. Nach dieser Aufstellung ergeben sich für die **festen Anlagen** folgende Unkosten:

a) Wasserkraftwerke (430 Mill. kWh)	147000000.—Frs.
Übertragungsleitung (917 km)	42000000.— „
Unterwerke (23)	46000000.— „
	235000000.—Frs.
Unterhaltung:	
Personal, Unterhaltung, Mietszins	2720000.—Frs.
Zinsen (235 Mill. zu 5%)	11750000.— „
Amortisation in 100 Jahren	90000.— „
Erneuerung v. Maschinen (69 Mill.) und Leitung (42 Mill.) in 28 bezw. 50 Jahren	1440000.— „
	16000000.—Frs.

b) **Streckenausrüstung:**

Fahrdrahtleitung (3717 km, 380 Stationen)	105000000.—Frs.
Ausgaben für Änderungen, Studien, Arbeitsleitung usw.	75000000.— „
	180000000.—Frs.

Unterhaltung:

Personal und versch.	2500000.—Frs.
Zinsen (180 Mill. zu 5%)	9000000.— „
Amortisation in 100 Jahren	100000.— „
Erneuerung in 50 Jahren	500000.— „
	12100000.—Frs.

Für das **rollende Material** wären aufzuwenden:

	elektr. Betrieb:	**Dampfbetrieb:**
385 elektr. Maschinen	190000000.—Frs.	120000000.—Frs.
Zinsen (190 Mill. bezw. 120 Mill. zu 5%) Amortisation in 100 Jahren,		
Erneuerung in 40 Jahren	11150000.—Frs.	7030000.—Frs.
Unterhaltungskosten	8000000.— „	10850000.— „
	19150000.—Frs.	17880000.—Frs.[1])

Für das rollende Material würden also zunächst größere Aufwendungen nötig sein als beim Dampfbetrieb.

Demgegenüber würden sich bei elektrischem Betrieb folgende Ersparnisse ergeben:

Auf Grund des Verkehrs von 1913 (9,5 Milliard. tkm), der einen Kraftbedarf von 315 Mill. kWh ab Unterstationen erfordern würde, würden 475 bis 500000 t Kohle gespart werden können. Bei dem derzeitigen Kohlenpreise von etwa 42,— Frs. pro Tonne ab Grenze ergäbe das eine Ersparnis von 20—21 Mill. Frs., wozu 4,75—5 Mill Frs. für den Wegfall der Kohlentransporte hinzukämen.

Die Personalkosten könnten um 4,5—6,5 Mill. Frs. jährlich herabgedrückt werden, trotz Besetzung sämtlicher elektrischen Lokomotiven mit zwei Mann.

Aus der Rauchfreiheit würden sich weiterhin Ersparnisse von etwa 1 Mill. Frs. ergeben.

In der umstehenden (oben erwähntem Bericht entnommenen) Tabelle sind die Kosten der elektrischen Zugförderung auf den Strecken, die bis Ende 1928 elektrifiziert sein werden, für verschiedene Verkehrsstärken (in Prozent von 1913) und die zu erreichenden Ersparnisse zusammengestellt. Die Steigerung der Ersparnisse bei stärkerem Verkehr tritt in dieser Tabelle klar zu Tage.

[1]) Nach Berichterstattung II S. 1050 bis 1053.

Elektrifizierte Strecken km	1566			
Verkehrsstärke gegenüber 1913	80%	100%	120%	140%
Von den Unterstationen pro Tag und km im Durchschnitt abgegebene Energie kWh	440	550	660	770
Durchschnittlich pro Tag und km gesparte Kohle (7500 kcal) kg	682,5	852,5	1025	1197,5
Erhöhung der jährlichen Ausgaben bei Einführung des elektrischen Betriebs Mill. Frs.	29	30	31	34
Ersparnisse als Folge der Elektrifizierung Mill. Frs.	26	32	38	44 [1]

Bei Berechnung der Ersparnisse in vorstehender Tabelle ist ein Kohlenpreis von 42.— Frs./t franko Grenze und 52.— Frs./t auf dem Tender angenommen. Bei diesem Kohlenpreise ist der elektrische Betrieb auf den Schweizerischen Bundesbahnen solange teurer als der Dampfbetrieb, als der mittlere Kraftbedarf pro Tag und Kilometer unter 510 kW (gemessen bei den Unterstationen) bleibt. Bereits im vergangenen Jahre hat der Verkehr der Linien seinen Vorkriegsstand mit einem mittleren Verbrauch von 550 kWh pro Tag und Kilometer erreicht; eine weitere Steigerung des Verkehrs ist zu erwarten. Die schon jetzt vorhandene finanzielle Überlegenheit des elektrischen Betriebes wird also in Zukunft ständig zunehmen können. Bei einem Steigen der Kohlenpreise würde sie noch stärker in Erscheinung treten; jedoch auch bei einem Sinken derselben wäre sie kaum in Frage gestellt. Bei einem Kraftbedarf von 655 kWh (der in kurzer Zeit nach Ausführung des Programms zu erwarten ist) und einem Kohlenpreis von 30 bezw. 40 Frs. würde sich der elektrische Betrieb genau so teuer wie der Dampfbetrieb auf den gleichen Strecken stellen und dann immer noch die übrigen, mit Zahlen nicht erfaßbaren Vorteile bieten. Berücksichtigt man, daß die vorgenannten Berechnungen mit allergrößter Vorsicht angestellt worden sind, daß vor allem die Kosten der Fahrzeugunterhaltung wesentlich höher angesetzt worden sind, als sich auf Grund der bisherigen Erfahrungen ergab, daß die Möglichkeit der Einmannbesetzung der Lokomotiven unberücksichtigt geblieben ist und daß die zu 5% aufgenommenen Anleihen bei Fälligkeit werden konvertiert werden können, so erscheint die Hoffnung berechtigt, daß die Umstellung der Schweizerischen Bundesbahnen auf elektrischen Betrieb nicht nur zu einer Erhöhung der Leistungsfähigkeit der Eisenbahn und der Annehmlichkeiten des Reisens, sondern auch zu einem größeren finanziellen Erfolge führen wird.

[1]) Berichterstattung II S. 1056.

Daß diese Hoffnung nicht unbegründet ist, zeigt auch eine Beilage zum Voranschlag der Schweizerischen Bundesbahnen für das Jahr 1927: „Vergleichung des Betriebsvoranschlages und der Gewinn- und Verlustrechnung für das Jahr 1927 mit einem Betriebsvoranschlag und einer Gewinn- und Verlustrechnung, wie sie sich ergeben würden, wenn nicht elektrifiziert worden wäre, sondern auch im Jahre 1927 das ganze Netz der Bundesbahnen noch mit Dampf betrieben würde."

Nach dieser Beilage sind bei dem elektrischen Betrieb die Betriebsausgaben um 6,6% niedriger als beim Dampfbetrieb, beim Rechnungsabschluß ergibt sich ein um 36,8% höherer Einnahmeüberschuß, beim Abschluß der Gewinn- und Verlustrechnung ein um 12,4% niedrigerer Ausgabenüberschuß[1]). Zu diesen Ergebnissen wird in der Beilage bemerkt: „Der Betriebsvoranschlag der Bundesbahnen für das Jahr 1927 schließt somit um rund 1700000.—Frs. günstiger ab als es bei ausschließlichem Dampfbetrieb der Fall wäre. Dieses Ergebnis kann als befriedigend angesehen werden, namentlich wenn man bedenkt, daß ein großer Teil der in Betrieb stehenden elektrischen Anlagen während des Krieges zu außerordentlich hohen Preisen und während einer Periode mit teuren Geldzinsen ausgeführt werden mußte, der Kohlenpreis wider Erwarten stark gesunken ist und in diesen vergleichenden Voranschlägen manche Vorteile, die die Einführung des elektrischen Betriebes für unsere Verwaltung und das Land mit sich bringt, nicht zum Ausdruck kommen.

Um unrichtigen Schlußfolgerungen vorzubeugen, muß aber gleichzeitig auch darauf hingewiesen werden, daß sich die bisherige Elektrifizierung nur auf die verkehrsreichen Linien erstreckte und das günstige Ergebnis der vorliegenden Vergleichsrechnung vor allem diesem Umstande, sowie der im Interesse der Arbeitsbeschaffung erfolgten Bewilligung einer Bundessubvention zuzuschreiben ist."

Italien.

Italien hat als erstes Land in Europa den elektrischen Bahnbetrieb auf Vollbahnen in größerem Umfange aufgenommen und hat seinen Vorsprung in dem weiteren Ausbau gegenüber anderen Ländern bis heute behauptet. Eine endgiltige Entscheidung über die zu verwendende Stromart

[1]) Betriebsausgaben 270996670 gegenüber 290276370 Frs. Überschuß der Einnahmen: 119667930 gegenüber 87459930 Frs. (Rechnungsabschluß.) Überschuß der Ausgaben: 11950000 gegenüber 13665010 Frs. (Abschluß der Gewinn- und Verlustrechnung.)

ist noch nicht getroffen worden. Dem damaligen Stande der Technik entsprechend wurden die ersten elektrischen Bahnen zu Beginn des Jahrhunderts für Drehstrom mit niedriger Frequenz eingerichtet, in neuerer Zeit hat man auch größere Versuche mit Gleichstrom und mit Drehstrom gewöhnlicher Frequenz unternommen. Auf Grund eines Gutachtens der zweiten Sektion des Conseil Supérieur des Eaux entschied man sich im Jahre 1920 für Anwendung des Dreiphasenstroms in Norditalien und des Gleichstroms in Süditalien[1]).

Die Kohlenarmut des Landes — Italien ist fast vollständig auf die Kohleneinfuhr vom Auslande angewiesen — ließ vor allem in Oberitalien eine Ausnutzung der dort vorhandenen Wasserkräfte vorteilhaft erscheinen. Die ersten Versuche fanden daher auch auf den Gebirgsstrecken der italienischen Alpen statt. Die Untersuchungen einer Studienkommission, die 1897 ihre Tätigkeit aufnahm, führten zu Versuchen auf den Strecken Milano—Monza, Bologna—S. Felice, Lecco—Chiavenna (Veltlinbahn) und Milano—Varese. Auf den beiden erstgenannten Strecken wurden die im Jahre 1900 begonnenen Versuche mit Speichertriebwagen als erfolglos wieder aufgegeben; die Versuche mit Drehstrom auf der Veltlinbahn und mit Gleichstrom auf der Strecke Milano—Varese führten zu günstigen Ergebnissen und bildeten den Ausgangspunkt für die weiteren Elektrifizierungen in Italien.

Die ersten Elektrifizierungen wurden von Privatbahnen vorgenommen. Der Staat hatte die 1877 und 1882 zurückgekauften Linien der Société de la Haute-Italie und der Société des chemins de fer romains nur bis 1885 in eigenem Betrieb; er teilte sie dann in 3 große Gebiete (Méditerranée, Adriatique und Sicile) und trat den Betrieb wieder an Privatbahngesellschaften ab. Erst im Jahre 1905 nahm er den Betrieb wieder selbst in die Hand und begann auch bald, sich der Elektrifizierung einzelner Linien zuzuwenden. Im Jahre 1906 wurde von der Regierung der Umbau einer größeren Zahl von Strecken genehmigt. Ein weiteres Programm, das in der Hauptsache Strecken mit starken Steigungen und zahlreichen Tunnels mit einer Gesamtlänge von etwa 2000 km umfaßte, wurde noch während des Krieges aufgestellt und in Angriff genommen. Durch königliche Verordnung vom 25. 8. 1919 (Nr. 1582 B 1919 I 432) wurde die Einführung elektrischer Zugförderung auf mindestens 6000 km der im Betrieb oder im Bau befindlichen Strecken der Staatsbahnen angeordnet und ebenso von den Privat-

[1]) Berichterstattung II, S. 1329.

eisenbahnen eine entsprechende Umstellung verlangt. Gemäß einer Verordnung vom 2. 5. 1920 (Nr. 597 B 1920 I 297) hat man auch für neu zu errichtende Strecken die elektrische Betriebsweise gewählt; so wurde erst im November 1926 die 51 km lange neuangelegte Strecke Spoleto —Norcia mit 20 Tunnels und 15 Viadukten dem elektrischen Betriebe übergeben[1]).

Bei Fortführung der Umbauarbeiten nach dem Kriege wurden nun auch andere Stromarten angewandt und insbesondere durch Verwendung von Drehstrom von 50 Hertz die Möglichkeit des direkten Anschlusses an die Kraftwerke für die allgemeine Landesversorgung gegeben. Der weitaus größte Teil des Bahnstromes wird in bahneigenen und privaten Wasserkraftwerken[2]) erzeugt; für Zeiten, in denen Wassermangel eintritt, vor allem also im Winter, stehen eine Reihe von Dampfkraftwerken zur Verfügung, in denen teilweise Torf verfeuert wird.

Ende 1926 wurden folgende Vollbahnstrecken der italienischen Staatsbahnen elektrisch betrieben:

1.	Turin—Bussolene—Modane	106 km
2.	Bussolene—Susa	8 „
3.	Turin—Bricherasio—Torre Pellice	55 „
4.	Bricherasio—Barge	13 „
5.	Turin—Trofarello—Allessandria	91 „
6.	Trofarello—Chieri	9 „
7.	Allessandria—Ronco—Mignanego—Sampierdarena—Genua	75 „
8.	Allessandria—Tortona—Voghera	39 „
9.	Tortona—Novi Ligure	19 „
10.	Tortona—Arquata Scrivia	25 „
11.	Ronco—Bussala—Sampierdarena	24 „
12.	Sampierdarena—Savona—Ceva	85 „
13.	Genua—Sestri Levante Spezia	90 „
14.	Mailand—Gallarate—Varese—Porto Ceresio	73 „
15.	Monza—Lecco—Colico—Sondrio	117 „
16.	Colico—Chiavenna	26 „
17.	Scali-marittimi e parchi di Genova	36 „
18.	Parchimerci Torino e Allessandria	13 „
		904 km

Zwei weitere Strecken
Campo Tures—Brunico 17 km
und Neapel—Pozzuoli Solfatare 15 „
haben nur lokale Bedeutung.

[1]) Deutsche Allg. Zeitung vom 20. 4. 27.
[2]) Privatbetriebe sind gesetzlich zur Stromlieferung an die Bahn zu bestimmten Bedingungen verpflichtet; für Neubauten können ihnen Zuschüsse (gem. einem Gesetz v. 28. 3. 1919) gewährt werden.

Neben den Staatsbahnen betreibt auch eine Reihe von Privatbahnen ihre Strecken elektrisch. Bei diesen erstreckte sich der elektrische Zugbetrieb Mitte 1926 auf etwa 1000 km[1]). Hier ist vor allem die Mittelmeerbahn-Gesellschaft (Societa Italiana Per Le Strade Ferrate Del Mediterraneo. Dirizione: Perugia) mit der Strecke

Torni—Tode—Umbertide mit Abzweigung
Ponte S. Giovanni—Perugia (zus. 114 km)

zu nennen. Sie wurde 1920 eröffnet. Eine weitere wichtige Privatbahnstrecke führt von Rom über Fiuggi nach Frosinone mit Abzweigungen nach Frascati und Guarcina (134 km).

Die weitere Ausdehnung der elektrischen Zugförderung macht ständige Fortschritte. Bei den Staatsbahnen weist der Haushaltsvoranschlag für das Rechnungsjahr 1926/27 (1. 7.—30. 6.) einen Betrag von 190000000.— Lire für Elektrifizierungsarbeiten auf. Die Vorarbeiten für die Umstellung auf den Strecken

Spezia—Pisa—Livorno
Rom—Sulmona
Benevento—Foggia
Florenz—Bologna

und einigen anderen sind bereits in Angriff genommen worden und zum Teil schon beendet. Auf der Strecke Florenz—Bologna finden gegenwärtig Versuchsfahrten mit elektrisch betriebenen Zügen statt. Auf der Schnellverkehrsstrecke Rom—Neapel waren die technischen Anlagen Anfang 1927 fertiggestellt[2]). Bis Ende 1928 will man vor allem die Anschlußstrecken an die Schweiz

Chiasso—Mailand—Voghera	114 km
und Iselle—Domodossala—Gallarate	82 „

für elektrischen Betrieb ausbauen und dann insgesamt etwa 1800 km elektrisch betreiben.

Von den bereits elektrifizierten Strecken der italienischen Staatsbahnen bilden die (oben unter 1—13 genannten) in Ligurien und Piemont gelegenen Strecken ein einheitliches Netz, das eine zusammenhängende Fernleitung besitzt und mit Drehstrom (von 16—17 Hertz und 3600 Volt) betrieben wird. Die Stromlieferung erfolgt für dieses Netz von dem Wasserkraftwerk Bardonecchia an den Stürzbächen Rochemolles und Melezet und dem in der Nähe einer Kohlengrube gelegenen Dampfkraftwerk Chiapella, beide im Eigentum der Staatsbahn, und aus den privaten Wasserkraftwerken Acceglio, Prazzo, San Damiano und San Dalmazzo und dem Dampfkraftwerk der Städtischen Elektri-

[1]) Berichterstattung II, S. 1357.
[2]) Deutsche Allgemeine Zeitung v. 20. 4. 27.

zitätswerke Turin in Martinetto. Die in der Lombardei gelegenen Strecken (14—16) bilden kein einheitliches Netz. Die Strecke Mailand-Porto Ceresio wird mit Gleichstrom (650 Volt), die Strecke Monza-Sondrio mit dem Abzweig nach Chiavenna mit Drehstrom betrieben. Der Strom für die Lombardischen Strecken wird aus dem bahneigenen Wasserkraftwerk Morbegno und den privaten Wasserkraftwerken Robbiate (Edison-Gesellschaft) und Varzo (Dynamo-Gesellschaft) bezogen. Die beiden privaten Kraftwerke dienen gleichzeitig der allgemeinen Landesversorgung. Die Dampfkraftwerke werden als Reserve für die Zeiten des Wassermangels bei den Wasserkraftwerken benutzt.

Ebenso wie die Kraftwerke befinden sich auch Fernleitung und Unterwerke nur zum Teil im Eigentum der Bahn. Die Fernleitungen weisen eine Gesamtlänge von 2816 km auf und verbinden die Kraftwerke mit 46 Unterwerken. Davon gehören 2085 km Fernleitung und 36 Unterwerke den Staatsbahnen[1]). Am 1. Januar 1926 wurde der Betrieb mit 551 Lokomotiven und 31 Triebwagen durchgeführt[2]).

Die Leistungen im elektrischen Betriebe der Italienischen Staatsbahn betrugen im Rechnungsjahre 1924/25 5550 Millionen tkm bei einem Energieverbrauch von 161 Millionen kWh. Durch die elektrische Zugförderung wurden (nach dem Betriebsbericht) 326000 t Kohle gespart. Diese Betriebsstoffersparnis und die Ersparung von Personal waren neben einem starken Anwachsen des Verkehrs die bedeutendsten Ursachen dafür, daß der Betrieb der Bahnen in diesem Rechnungsjahre zum ersten Mal nach dem Kriege zu keinem Fehlbetrag führte.

Diese 326000 t Kohle im Werte von 58 Mill. Lire hätte man vom Auslande einführen müssen.

Kohlenarmut des Landes und Reichtum an Wasserkräften, starker gebirgiger Charakter fast aller Strecken, zahlreiche Tunnels, starker Verkehr auf den einzelnen Linien sind als Vorbedingungen für die erfolgreiche Anwendung elektrischer Zugförderung in Italien gegeben und lassen somit eine weitere Ausdehnung gerechtfertigt erscheinen.

Österreich.

Der Friedensvertrag von St. Germain (10. 9. 1919) zwang Österreich, seine Kohlendistrikte fast vollständig an die benachbarten Staaten abzutreten; nur etwa 0,5% der Ge-

[1]) Berichterstattung II, S 1355.
[2]) Ebenda S. 1356.

samtkohlenvorkommen des alten Österreichs (ohne Ungarn) gingen in den Besitz der Republik Österreich über. Der geringe Vorrat machte eine starke Kohleneinfuhr und gleichzeitig äußerste Sparsamkeit notwendig. Da das Land über nicht unbedeutende Wasserkräfte verfügt, lag eine energische Förderung der bereits vor dem Kriege begonnenen Bahnelektrifizierung insbesondere auf den tunnelreichen Gebirgsstrecken nahe. Die Erfahrungen, die man auf der seit 1911 elektrisch betriebenen Mariazeller-Bahn und der Mittenwald-Bahn (seit 1914) gesammelt hatte, führte zur Wahl des Einphasenwechselstromes als Betriebssystem. Der Anschluß an die elektrisch betriebenen Bahnen Deutschlands und der Schweiz ist dadurch in einfachster Weise ermöglicht. Das im Jahre 1920 in der Nationalversammlung beschlossene Gesetz über die „Einführung der elektrischen Zugförderung auf den Staatshahnen der Republik Österreich" sah die baldige Elektrifizierung von etwa 650 km vor, die inzwischen zum großen Teil Wirklichkeit geworden ist. Der elektrische Betrieb bei den Österreichischen Bundesbahnen erstreckt sich zur Zeit auf folgende Linien:

Innsbruck—Landeck—Bludenz—Feldkirch—Bregenz	220	km
Feldkirch—Buchs	18	„
Innsbruck—Wörgl	60	„
Innsbruck—Reichsgrenze b. Scharnitz	47	„
Attnang-Puchheim—Steinach-Irdning	108	„
St. Pölten—Mariazell—Gußwerk	110	„
Wien—Berg i. Niederösterreich	62	„
Reutte—Griesen i. Tirol	41	„
	666	km

Von diesen Linien waren die Mariazeller-Bahn und Mittenwaldbahn (Reutte—Griesen—Garmisch-Partenkirchen) bereits vor dem Kriege im Betrieb. Auf Grund des Gesetzes von 1920 wurden zunächst die Arbeiten auf der Arlberglinie und der Salzkammergutbahn aufgenommen. Die Arlberglinie (Innsbruck-Bludenz) weist außerordentlich starke Steigungen auf und passiert den 10,3 km langen Arlbergtunnel (zwischen St. Anton und Langen) und eine Reihe kleinerer Tunnels und Lawinengalerien. Ein ähnliches Bild bietet die Salzkammergutbahn, die Verbindungslinie zwischen Attnang-Puchheim und Steinach-Irdning. Für beide Strecken waren die Vorarbeiten am schnellsten beendet. Der Umbau der Fortsetzungèn der Arlberglinie nach Bregenz wie nach Wörgl wurde gleichzeitig in Angriff genommen. Seit Mitte Dezember wird die Strecke Innsbruck—Buchs, seit Februar 1927 die Anschlußstrecke Feldkirch—Bregenz elektrisch betrieben. Im März 1927

folgte die Strecke Innsbruck—Wörgl, sodaß nunmehr von Wörgl bis Bregenz elektrische Zugförderung eingeführt ist. Noch in diesem Jahre soll der elektrische Betrieb auf der Strecke Wörgl—Kufstein eröffnet werden. Der weitere Ausbau soll sich auf die Linien Wörgl—Schwarzach-St. Veit—Salzburg, Schwarzach-St. Veit—Spittal-Millstättersee und Innsbruck—Brenner erstrecken.

Für die Stromversorgung der bisher elektrifizierten Linien stehen eine Reihe von Wasserkraftwerken zur Verfügung. Arlberglinie und Mittenwaldbahn werden aus dem Ruetzwerk und dem Spullerseewerk gespeist. Das seit 1912 bestehende und für die Versorgung der Arlberglinie besonders erweiterte Ruetzkraftwerk in der Nähe von Innsbruck nutzt das Gefälle des Ruetzbaches im Stubaital aus, das Spullerseewerk bei Danöfen die dem Spullersee zufließenden Wassermengen, deren Aufspeicherung durch Errichtung von zwei Sperrmauern ermöglicht wurde. Beide Kraftwerke sind durch eine Übertragungsleitung verbunden, die die Unterwerke Zirl, Roppen und Flirsch speist.

Die Salzkammergutbahn bezieht den Strom aus dem privaten, der allgemeinen Stromversorgung dienenden Wasserkraftwerk Steeg. Für die Versorgung der zur Zeit im Ausbau befindlichen Strecken werden die Kraftwerke Mallnitzwerk und Stubachwerk erbaut. Außer diesen beiden bahneigenen Werken soll auch das in der Nähe von Jenbach zur Errichtung gelangende Achenseewerk der Tiroler Wasserkraft-Aktiengesellschaft Bahnstrom liefern. Für die Semmeringbahn (Gloggnitz—Mürzzuschlag), deren Elektrifizierung man plant, könnte der Strom gleichfalls aus einem zu erbauenden privaten Wasserkraftwerke an der Mur bezogen werden.

Die Durchführung der von den Bundesbahnen geplanten Elektrifizierungen erscheint mit Hilfe der aus den Völkerbundskreditresten zugesicherten Mittel von 88 Mill. Goldkronen sichergestellt. Ein Projekt, das die Elektrifizierung des gesamten Netzes der Bundesbahnen innerhalb von 10 Jahren vorsieht und das durch eine innere Anleihe finanziert werden soll, soll in Kürze der Regierung unterbreitet werden. In diesem Programm steht der Ausbau der Linien Wien—Graz, Wien—Salzburg und der Tauernbahn an erster Stelle. Eine Studienkommission unter Leitung des Chefs des Elektrifizierungsbüros der Generaldirektion der österreichischen Bundesbahnen, Ingenieur Dittes, befindet sich zur Zeit (April 1927) auf einer Studienreise in Schweden, um die dort elektrisch betriebenen Staatsbahnen und Kraftstationen zu besichtigen.

Bereits im Jahre 1924 konnten bei den Bundesbahnen, obwohl die Einführung des elektrischen Betriebs nur in sehr engem Rahmen stattfand, 54000 t Normalkohle mit einem Aufwand von 18 Milliard. Kronen erspart werden[1]).

Ungarn.

Das Ungarn der Nachkriegszeit besitzt als einzige Energiequelle eine Reihe von Kohlenlagern. Der allergrößte Teil der Wasserkräfte, über die das Vorkriegs-Ungarn verfügte, ist in den Besitz anderer Staaten übergegangen. Da die vorhandenen Kohlenvorräte zur Deckung des Bedarfes im Inlande vollständig ausreichen, erscheint eine Elektrifizierung der Bahnen, die fast ausschließlich im Besitz des Staates sind — die Linien der Südbahn-Gesellschaft (Donau—Save—Adria-Bahn) sind seit 1926 in staatlicher Verwaltung — vom Standpunkt der Energiewirtschaft des Landes nicht als dringendes Erfordernis. Immerhin hat man bei dem Bestreben, elektrische Energie in größerem Maße zu verwenden, auch die Aufnahme elektrischer Zugförderung ins Auge gefaßt. Wie der ungarische Minister Herrmann in einer im Herbst 1926 gehaltenen Rede äußerte, plant man eine allmähliche Elektrifizierung des gesamten Staatsbahnnetzes und will zu diesem Zweck eine ausländische Anleihe aufnehmen[2]). Die Leitung der Staatsbahnen hat inzwischen ein Investitionsprogramm, in das auch die Bahn-Elektrifizierung aufgenommen worden ist, mit einem Kostenaufwand von 150 Mill. Goldkronen ausgearbeitet, zu dessen Durchführung sie sich zunächst mit einer kurzfristigen Anleihe behelfen will, bis die internationalen Zinssätze sich mehr gesenkt haben[3]). Bisher ist auf Vollbahnen elektrische Zugförderung noch nicht aufgenommen worden.

Frankreich.

Die Kohlenvorkommen Frankreichs reichen zur Deckung des Inlandbedarfes nicht aus; man ist daher frühzeitig an die Ausnutzung der reichlichen Wasserkräfte in den Alpen, den Pyrenäen und dem Zentralplateau gegangen. Die in den zahlreichen Kraftwerken gewonnene Energie hat man in erster Linie der Industrie des Landes zugänglich gemacht und hat ein engmaschiges Netz von Hochspannungsleitungen

---

[1]) Zeitung d. Vereins Deutsch. Eisenbahnverwaltungen 66. Jahrg. S. 72.
[2]) Deutsche Allgemeine Zeitung v. 22. 11. 26.
[3]) Industrie- und Handelszeitung 5. 4. 27.

angelegt, das ganz Frankreich überdeckt[1]). Als man dann zur Elektrifizierung der Bahnen schritt, lag es daher nahe, das Leitungsnetz der Bahn an dieses Hochspannungsnetz anzuschließen. Die Verwendung von Gleichstrom herrscht daher im elektrischen Eisenbahnbetriebe Frankreichs vor, eine endgiltige Entscheidung in der Systemfrage ist jedoch noch nicht erfolgt. Eine Reihe von Versuchen mit einfachem Wechselstrom ließ die Einführung dieser Stromart günstig erscheinen; eine Studienkommission, die im Sommer 1919 die elektrisch betriebenen Bahnen Nordamerikas besichtigte, befürwortete die Verwendung von Gleichstrom mit 2400 Volt Fahrdrahtspannung.

Die erste elektrische Eisenbahn Frankreichs war die Pariser Stadtbahn, mit deren Umbau bereits im Jahre 1900 begonnen wurde. Es folgten dann eine Reihe von Vorort- und Überlandbahnen und einige Versuchsstrecken mit Wechselstrom. Im Jahre 1919 planten die drei Bahngesellschaften d'Orléans, du Midi und de Paris—Lyon—Méditerranée die Elektrifizierung von etwa 1000 km und beantragten deshalb die Errichtung der bereits erwähnten Studienkommission.

Das gesamte Bahnnetz Frankreichs zerfällt in 6 Bezirke, die von verschiedenen Gesellschaften betrieben werden. Die Linien der Compagnie de l'Ouest sind im Besitz des Staates und werden von diesem betrieben (Chemins de Fer de l'État). Die übrigen Linien befinden sich in den Händen der

Comp. du Chemin de fer de Paris à Orléans
„ des Chemins de fer du Midi
„ des Chemins de fer de Paris à Lyon et à la Méditerranée
„ du Chemin de fer du Nord
„ des Chemins de fer l'Est
(Chemins de fer d'Alsace et de Lorraine).

In den einzelnen Bezirken finden sich jeweils noch mehrere kleinere, unbedeutende Privat-Gesellschaften.

Die Elektrifizierungsarbeiten wurden zunächst bei der Orléansbahn aufgenommen, die einige Jahre später mit einem noch umfangreicheren Plane auftrat, nach dem sie den gesamten südlichen Teil ihres Netzes für elektrischen Betrieb umbauen will.

Bei den **Staatsbahnen** werden nur etwa 47 km Vorortbahnen elektrisch betrieben.

---

[1]) 1923 betrug die Länge des Hochspannungsnetzes bereits 17000 km. Schmitt: Elektrizitätsindustrie u. -wirtschaft im Handwörterbuch der Staatswissenschaft 4. Aufl. 3. Band. S. 690 ff.

Die Pläne zur Einführung elektrischer Zugförderung bei der **Paris—Orléansbahn** bezogen sich zunächst auf die Strecken

Paris—Vierzon 204 km
Brétigny—Dourdan
und Choisy le Roi—Orly 28 „

Ende Dezember 1926 ist als erster Teil der Durchführung dieser Pläne der elektrische Betrieb auf der Strecke Paris—Vierzon eröffnet worden, deren 204 km dabei in einem Sonderzug in weniger als 2 Stunden zurückgelegt wurden. Der weitere Ausbau soll sich auf die Linien

Vierzon—Brive
Brive—Blairmont
und Saint Sulpice Laurière—Montluçon

erstrecken. Um die Stromversorgung in genügender Weise sicher zu stellen, wurde mit der Union d' Électricité, die das Kraftwerk Gennevilliers (Paris) betreibt, ein Abkommen geschlossen, durch welches die Orléansbahn an deren Pariser Kraftwerk, die Union d' Électricité am Kraftwerk Éguzon der Orléansbahn an der Creuse beteiligt wird. Wenn im Winter Paris viel Strom verbraucht, liefert den Bahnstrom das Werk Éguzon, und wenn im Sommer dort Trockenheit herrscht, in Paris aber Strom reichlich vorhanden ist, liefert ihn das Werk Gennevilliers. Durch eine solche Verbindung, die das Aufspeichern großer Reserven unnötig macht, wird die Wirtschaftlichkeit der einzelnen Werke wesentlich erhöht[1]).

Die **Compagnie Paris—Lyon—Méditerranée** betreibt die Strecken

Culoz—Modane
und Marseille—Vintimille

elektrisch. Sie hat Stromlieferungsverträge mit der Société d' Électro—Chimie, d' Électrométallurgie et des aciers électriques d' Ugine und der Société d' Énergie Électrique du Littoral Méditerranéen abgeschlossen.

Die **Südbahn** betreibt ein elektrisches Netz von 400 km, das aber einen sehr schwachen Verkehr aufweist. Sie hat sich mit etwa 10 Gesellschaften, die Wasserkraftwerke betreiben, zu einer Gruppe zusammengeschlossen, um deren Strom, der auch den Bedürfnissen der Gegend von Bordeaux, Toulouse und Montpellier an Licht und Kraft dient, für die Zugförderung nutzbar zu machen. Sie beabsichtigt die Elektrifizierung ihres gesamten Netzes.

---

[1]) Zeitung des Vereins Deutsch. Eisenbahnverw. 67. Jahrg. S. 167/168.

Belgien.

In Belgien beschäftigte sich bereits im Jahre 1892 eine vom Minister der öffentlichen Arbeiten eingesetzte Studienkommission mit der Frage der Elektrifizierung der Vollbahnen des Landes; die Untersuchungen dieser Kommission führten jedoch zu keinem praktischen Ergebnis. Erst als man mit einer Reihe von im Jahre 1915 elektrifizierten Kleinbahnen in der Borinage (Hennegau) gute Erfolge erzielt hatte, wurde von den Staatsbahnen erneut ein Ausschuß zur Erörterung der Umstellung des Staatsbahnnetzes auf elektrischen Betrieb eingesetzt. Auf Grund der Anregungen dieses Ausschusses beschloß Anfang 1920 die Belgische Regierung die Umstellung[1]). In erster Linie sollten die Arbeiten an den Strecken

Brüssel—Antwerpen
Brüssel—Arlon (—Luxemburg)
und Brüssel—Ostende

aufgenommen werden. Von diesem Projekt ist inzwischen erst ein kleiner Teil zur Ausführung gelangt.

Bei dem außerordentlich starken Verkehr auf dem weitverzweigten und engmaschigen Netz der Belgischen Bahnen dürfte trotz des Kohlenreichtums des Landes eine weitgehende Elektrifizierung vorteilhaft sein.

Niederlande.

In den Niederlanden wird seit dem Jahre 1908 die Strecke

Rotterdam—Den Haag—Scheveningen

der Südholländischen Eisenbahn elektrisch betrieben. Der Plan einer 1905 in New York gegründeten Gesellschaft, in Holland ein Netz von etwa 500 km elektrischer Bahnen zu bauen, war nicht zur Ausführung gelangt. Erst nach dem Kriege nahmen die Niederländischen Eisenbahnen das Projekt wieder auf. Eine Kommission, die sich aus führenden Persönlichkeiten der verschiedenen Bahngesellschaften zusammensetzte, untersuchte, in welcher Weise die Elektrifizierung am zweckmäßigsten durchzuführen sei, und schlug schließlich vor, zunächst auf der Hauptlinie Rotterdam—Amsterdam einen Triebwagenverkehr einzurichten. Erst später sollen elektrische Lokomotiven angeschafft und alle Züge elektrisch betrieben werden.

Eine besondere Sachverständigen-Kommission, von dem Minister der öffentlichen Arbeiten und der Direktion der

[1]) K. Trautvetter: Das Deutsche Verkehrswesen, im Archiv für Eisenbahnwesen 1920, S. 1155.

Niederländischen Eisenbahnen (NS)[1]) ernannt, besichtigte eine Reihe von elektrischen Bahnen in Europa und Nordamerika, um bezüglich der Systemfrage für die Niederlande eine Entscheidung treffen zu können. Mit Rücksicht darauf, daß man von der Errichtung besonderer Bahnkraftwerke absehen und das Bahnnetz an das allgemeine Stromnetz des Landes anschließen wollte, wählte man schließlich Gleichstrom mit 15000 Volt als Betriebssystem. Der Einheitlichkeit wegen wurde die bis dahin mit Einphasenwechselstrom betriebene Bahn Rotterdam-Den Haag-Scheveningen (32 km) für Betrieb mit Gleichstrom umgebaut und das Kraftwerk Leidschendam stillgelegt.

Für die zunächst zu elektrifizierenden Strecken

Rotterdam-Den Haag—Leiden—Haarlem —Amsterdam	86,5	km
und Haarlem—IJmuiden	12,0	„

soll der Strom aus den kommunalen Kraftwerken von Rotterdam und Den Haag und den Kraftwerken der Provinzial- und Kommunal-Elektrizitäts-Gesellschaft (genannt P. E. G. E. M.) in Nordholland bezogen werden. Von diesen Kraftwerken aus sollen die Unterwerke Schiebroek, Delft, Den Haag, Leiden, Lisse, Haarlem und Amsterdam gespeist werden, in denen der ihnen zugeführte Drehstrom in Gleichstrom verwandelt und auf die Fahrdrahtspannung transformiert wird. Den Kraftwerken ist eine Mindestabnahme von Strom garantiert, der zu zahlende Strompreis ist in besonderen Tarifen festgelegt[2]).

Ende 1924 konnte der Betrieb auf der Teilstrecke Den Haag-Leiden aufgenommen werden; die gesamte Strecke soll bis zur Einführung des Sommerfahrplanes fertiggestellt sein.

Wenn mit der Elektrifizierung dieser Linien gute Erfahrungen gemacht werden, sollen noch weitere Linien der Holländischen Eisenbahnen auf elektrischen Betrieb umgestellt werden. Man erhofft durch diese Maßnahme eine wesentliche Steigerung des Verkehrs.

England.

In England begann man im Jahre 1890 mit der Elektrifizierung der Untergrundbahn der City and South London

[1]) Seit 1. Januar 1917 besteht eine Betriebsgemeinschaft (NS) zwischen der Staatseisenbahnbetriebs-Gesellschaft (SS) und der Holländischen Eisenbahn-Gesellschaft (HSM), in die am 1. 5. 1919 auch die Zentralbahn und am 1. 6. 1919 die Nordbrabant-Deutsche-Eisenbahn durch ihre Angliederung an SS aufgegangen sind. (Archiv f. Eisenbahnwesen 1925, S. 370).

[2]) L'Électrification de quelques Lignes des Chemins de fer Néerlandais, in Berichterstattung Band II.

Railway; im Jahre 1908 folgte die Midland Railway mit der StreckeLancaster-Morecante-Heysham und in den folgenden Jahren noch eine Reihe weiterer Strecken, die wie die vorgenannten nur lokale Bedeutung haben. Es sind dies insbesondere die Vorortbahnen von London, Liverpool, Newcastle-upon-Tyne und Manchester. Vor kurzem hat die Südbahn die Umstellung ihres Londoner Vorortverkehrs auf elektrische Zugförderung zu einem Abschluß gebracht. Ihr elektrisch betriebenes Netz wird als das größte der Welt bezeichnet[1]).

Seit mehreren Jahren erwägt man die Elektrifizierung größerer Vollbahnstrecken bezw. des gesamten Bahnnetzes, ohne jedoch mit positiven Plänen hervorzutreten. Die vier großen Gesellschaften,

die Great Western Railway,
„ Southern Railway,
„ London, Midland and Scottish Railway
und „ London and North Eastern Railway

sind über Elektrifizierungen kleiner Streckenabschnittè noch nicht hinausgekommen. Bisher werden nur die Strecken

Newport – Shilton 28,9 km
und Manchester—Bury 16,1 „

elektrisch betrieben[2]).

Eine umfangreiche Elektrifizierung erscheint auch in Anbetracht der reichen Kohlenvorräte des Landes aus energiewirtschaftlichen Gesichtspunkten heraus nicht so dringend notwendig. Da ferner die Beschaffenheit der Eisenbahnlinien in Bezug auf Steigungen keine besonderen Anforderungen an die Leistungsfähigkeit der Betriebsmittel stellt, kann als Anlaß für eine umfangreiche Elektrifizierung — wenn man von den Annehmlichkeiten, die die elektrische Zugbeförderung mit sich bringt, absieht — nur die Stärke des Verkehrs und die Forderung größerer Schnelligkeit in Frage kommen. Beide Momente treten allerdings in einem Maße in Erscheinung, das einer Umstellung auf elektrischen Betrieb auch einen finanziellen Erfolg sichern dürfte.

Norwegen.

Norwegen ist außerordentlich arm an Kohlen und sehr reich an Wasserkräften, die Eisenbahnlinien haben recht erhebliche Steigungen zu überwinden, somit sind ein paar wichtige Grundlagen für die Möglichkeit eines erfolgreichen elektrischen Betriebes für die Eisenbahnen gegeben. Obwohl man dies längst erkannt hat, sind bisher nur wenige Strecken

[1]) Zeitung des Vereins Deutscher Eisenbahnverw. 67. Jahrg. S. 41.
[2]) The Encyclopaedia Britannica, London 1922, Bd. XXX, S. 950.

elektrifiziert worden. Dies liegt weniger an technischen als an den finanziellen Schwierigkeiten, die eine umfangreiche Elektrifizierung bietet, zumal der Verkehr auf den meisten Linien außerordentlich gering ist. Nach dem bereits in den Jahren 1911/13 und 1916 Elektrifizierungskommissionen getagt hatten, beschäftigte sich im Jahre 1924 der Eisenbahnausschuß der Norwegischen Ingenieurvereinigung (Abteilung Trondhjem) eingehend mit der Frage der Elektrifizierung der Norwegischen Bahnen[1]). Auf Grund eingehender Studien bei den elektrischen Bahnen anderer Länder kam er zu dem Schluß, daß das Einphasenstromsystem bei technischer Gleichwertigkeit den anderen Systemen wirtschaftlich überlegen sei. Genaue Berechnungen auf der Grundlage des durchschnittlichen Verkehrs der Norwegischen Eisenbahnen und der Preise vom Herbst 1923 hatten an Kosten für einen Bruttotonnenkilometer ergeben:

Bei Gleichstrom	0,704	Oere
„ Drehstrom	0,672	„
„ Einphasenstrom (umgeformt)	0,550	„
„ Einphasenstrom (unmittelbar erzeugt)	0,546	„

Ein Vergleich zwischen Dampf- und elektrischem Betrieb für 1913/14 (Kohlenpreis 20 Kronen) ergab, daß die Kosten für den Nettotonnenkilometer bei elektrischem Einphasenbetrieb 5,71 Oere, bei Dampfbetrieb 5,77 Oere betrugen. Schon damals bestand also ein Kostenunterschied pro Tonne von 0,06 Oere. Da inzwischen die Kohlenpreise auf mehr als das Doppelte gestiegen sind und der Verkehr sich gesteigert hat, dürfte nunmehr die elektrische Zugförderung erhebliche Vorteile auch in finanzieller Hinsicht bieten. In Übereinstimmung mit dem Nachbarland Schweden wurde auf Grund der angestellten Untersuchungen Einphasenwechselstrom als Betriebssystem und, soweit es im Einzelfalle angebracht erscheint, der Anschluß an das Netz der allgemeinen Landesversorgung vorgeschlagen[2]). Der elektrische Zugbetrieb Norwegens erstreckt sich zur Zeit auf folgende Vollbahnstrecken:

Drammenbahn Oslo—Drammen (Staatsb.)	53 km	(seit 1922)	
Ofotbahn Narvik—Riksgränsen „	39 „	(„ 1923)[3])	
Bratsbergbahn Tinnoset—Notodden (Pr.b.)	30 „	(„ 1911)	
Rjukanbahn Mael—Rjukan „	16 „	(„ 1911)	
	138 km		

[1]) Elektrische Bahnen 1. Jahrg. S. 31 Besprechung von: Elektrischer Eisenbahnbetrieb, Tekisk Ukeblad 1924 Heft 33, 34 u. 36.

[2]) Desgl.

[3]) Vergl. Paszowski: Die Schwedische Lapplandbahn und ihre wirtschaftliche Bedeutung in Zeitung d. Vereins Deutscher Eisenbahnverw. 66. Jahrg. S. 1353.

Geplant ist zunächst der weitere Umbau der Strecken

Drammen—Kongsberg	48 km
Kongsberg—Brevik	103 „
Nordagutu—Kragerö	85 „
Oslo—Lilleström	21 „[1])

Für die Drammenbahn wird der Strom von dem dem Norwegischen Staate gehörigen Wasserkraftwerk Hakavik b/Kongsberg geliefert, das die Wassermengen mehrerer durch Stollen miteinander verbundener Seen, des Oksnevann- und des Hajerensees und einiger kleinerer Seen ausnutzt. Von diesem Werk führt eine Fernleitung (etwa 50 km) nach dem an der Strecke bei der Station Asker gelegenen Unterwerk. Die gesamte Belegschaft des Kraftwerkes beträgt 14 Köpfe, das Unterwerk wird von 3 Mann in gegenseitiger Ablösung bedient; der Personalbedarf ist also außerordentlich gering.

Für die im Bau befindliche Strecke Oslo—Lilleström wird die Stromversorgung von den beiden Kraftquellen Raanaasfos und Hakavik aus erfolgen; das Elektrizitätswerk Akershus liefert von seiner Kraftstation Raanaasfos Dreiphasenstrom, der in der Nähe von Alnabru auf einer Umformerstation in Einphasenstrom umgewandelt wird.

Schweden.

Von einigen Vorortbahnen abgesehen, begann man in Schweden mit Bahnelektrifizierungen erst im Jahre 1915, als der fahrplanmäßige elektrische Betrieb auf der Strecke Kiruna—Riksgränsen (129 km) der Ofotenbahn aufgenommen wurde. Auf Grund der Erfahrungen, die man in den Jahren 1905—1907 auf den Versuchsstrecken Tomteboda—Värtan und Stockholm—Järfva gemacht hatte, entschied man sich für die Wahl des Einphasenwechselstroms. In den gleichen Jahren wurde eine Sachverständigen-Kommission zum Studium elektrischer Bahnen ins Ausland geschickt. Der im Jahre 1906 beschlossene Ankauf der Wasserfälle am Motala, Lagan und Järlean durch den Staat wurde mit der Staatsbahnelektrifizierung begründet[2]); die drei größten Kraftwerke Schwedens, Trollhättan (168000 PS), Porjus (80000 PS) und Älvkarleby am Dalälv (75000 PS) wurden vom Staat erbaut. Die Jahresversammlung von 1907 des Technischen Vereins Stockholm forderte für die Umstellung

[1]) Schieb: Die elektrische Zugförderung in Norwegen, in Elektrische Bahnen, 1. Jahrg. S. 154 ff.
[2]) F. Paszkowski: Die Eisenbahnpolitik Norwegens, 3. Teil 6. Abschnitt im Archiv 1920, S. 1190.

des Gesamtnetzes der Staatsbahnen den Ausbau von 5 Wasser- und 2 Torfkraftwerken.

Der erste praktische Erfolg aller Vorarbeiten war die Elektrifizierung der oben erwähnten Ofotenbahn, die insbesondere zahlreiche Erztransporte aufzunehmen hat und ihre Fortsetzung in Norwegen in der Strecke Riksgränsen-Narwik findet[1]). Durch die Einführung elektrischer Zugförderung auf dieser Strecke wurde eine um 70% höhere Erzbeförderung mit größerer Geschwindigkeit ermöglicht und der sonst notwendig gewordene Bau eines zweiten Gleises erspart. Das Beförderungsvermögen der Strecke stieg um mehr als das Doppelte; gleichzeitig erfuhren die Personalkosten eine Minderung um 39%[1]). Die Verbindung der Lappländischen Eisenerzstätte Kirunavaara b/Kiruna mit dem eisfreien Nordseehafen Narvik ist somit in genügender Weise hergestellt. Den Bahnstrom (Einphasenstrom) liefert das Porjuskraftwerk am Lule Elf, südwestlich von Gellivara, von dem eine Freileitung nach den an der Strecke verteilten Abspannwerken führt. Im Anschluß an die Ofotenbahn wurde später die Strecke Kiruna—Swartön für elektrischen Betrieb ausgebaut und konnte im Jahre 1922 dem Verkehr übergeben werden. Seit 1923 wird die ganze Strecke Riksgränsen – Kiruna—Gellivare – Boden—Lulea 434 (mit Nebenlinien nach Malmberget und Koskullskulle 449 km) elektrisch betrieben.

Im Jahre 1920 bewilligte das Schwedische Parlament die Elektrifizierung einer Bahn im Süden des Landes, der Strecke Stockholm—Göteborg. Da einerseits inzwischen in Nordamerika mit Gleichstrombahnen recht günstige Erfolge erzielt worden waren und man andererseits bei Anwendung von Einphasenstrom noch im Zweifel darüber war, ob es vorteilhafter sei, den Bahnstrom direkt in Kraftwerken zu erzeugen oder aber ihn über Umformerstationen aus dem bereits bestehenden Dreiphasenstromnetz des Landes zu beziehen, wurden erneut Kommissionen zur Untersuchung der einzelnen Fragen ernannt, die ihre Berichte Anfang 1923 vorlegten. In diesen wurde die weitere Anwendung von Einphasenstrom und der Anschluß an das Landesstromnetz empfohlen. Demzufolge wurden an dem bereits bestehenden Netz, das die Wasserkraftwerke Älvkarleby (am Dalälv, 60000 kW), Motala (am Motalaström, 10000 kW), Trollhättan (am Götaälv, zusammen mit Lilla Edet 140000 kW) und das Dampfkraftwerk Västeras (40000 kW) mit-

[1]) Paszkowski: Die Schwedische Lapplandbahn und ihre wirtschaftliche Bedeutung, Zeitung des Vereins Deutsch. Eisenbahnverw. 66. Jahrgang, S. 1353.

einander verbindet, an der Bahnstrecke verteilt, die 5 Unterwerke Södertälje-Södra, Sköldinge, Hallsberg, Moholm und Alingsas errichtet, in denen der Dreiphasenstrom in Einphasenstrom umgewandelt und an die Fahrleitung abgegeben wird. Die Verlegung der Schwachstromleitungen in Kabel ließ die bisher unangenehm empfundenen Störungen der Schwachstromleitungen wegfallen. Die ersten Versuchsfahrten auf dieser Strecke (458 km) wurden im Juni 1925 gemacht, und am 15. 5. 1926 wurde sie dem Verkehr übergeben.

Von den Gesamtkosten der Elektrifizierung der Strecke Stockholm—Göteborg in Höhe von 40000000 Kronen entfallen:

4,5 Mill. auf die Unterwerke
13,5 „ „ „ Kontaktleitung
11,0 „ „ „ Lokomotiven
und 11,0 „ „ „ Kabel und Änderung der Schwachstromanlagen.

Außer den Staatsbahnen haben die außerordentlich zahlreichen Privatbahnen, in deren Besitz sich etwa $^2/_3$ des Schwedischen Eisenbahnnetzes befinden[1]), — $^1/_3$, allerdings die wichtigsten Linien, gehören dem Staat — hier und da Elektrifizierungen einzelner Strecken vorgenommen. Der Ausbau des Energieverteilungsnetzes ließ die Notwendigkeit, eigene Kraftwerke zu bauen, für die Privatbahnen wegfallen, wodurch ihnen außerordentlich große Ausgaben erspart wurden. Von ihnen werden zur Zeit 175 km elektrisch betrieben[2]). Bei dem recht erheblichen Verkehr auf einzelnen Privatbahnen erscheint eine Umstellung auf elektrischen Zugbetrieb durchaus vorteilhaft.

Spanien.

Im Anschluß an die Elektrifizierung der Straßenbahnen aller größeren Städte Spaniens in den 90er Jahren des 19. Jahrhunderts wurde zu Beginn des 20. Jahrhunderts eine Reihe vollspuriger Vorortbahnen auf elektrischen Betrieb umgestellt. Der Anfang mit der Vollbahnelektrifizierung wurde mit der Gebirgstrecke

Pamplona—Empalme—Sangüesa 54 km
mit dem Abzweig Empalme—Aoiz 4 „
in den Pyrenäen gemacht; später kam die Strecke
San Sebastian—Hendaya 22 km

[1]) Die meisten dieser schwedischen Privatbahnen sind in einer Interessengemeinschaft, dem Schwedischen Eisenbahnverein (Svenska Järnvägsföreningen) zusammengeschlossen.
[2]) Zeit. des Vereins Deutsch. Eisenb. Verw. 66. Jahrg., S. 600.

an der französichen Grenze hinzu. Beide Linien wurden mit Einphasenswechseltrom betrieben. Die 21 km lange Strecke Santa Fe—Gergal der Linie Almeria—Linares in der Sierra Nevada wurde mit Drehstrom ausgerüstet. Der Strom wird von einem bei Santa Fe errichteten Wasserkraftwerke geliefert. Auf dieser Strecke mit starken Steigungen konnte der Zugverkehr durch Einführung des elektrischen Betriebes verdoppelt werden. Ende 1926 wurden noch folgende wichtigeren Strecken elektrisch betrieben:

Baeza—La Yedra—Viveros de Baeza 21 km
und La Yedra—Ubeda 8 „
im Tale des Guadalquivir und des Guadiana menor,
Zumaarraga—Zumaya 35 km
in der Baskischen Provinz zwischen Pamplona und Bilbao
und Busdongo—Ujo 62 km
der Linie Leon—Oviedo beim Übergang über das Kantabrische Gebirge. Die Veröffentlichungen der Spanischen Nordbahn über die Betriebsergebnisse dieser Strecke bieten ein recht günstiges Bild. Nach diesem Bericht[1]) wurden 30 Dampflokomotiven durch 12 elektrische Lokomotiven ersetzt, deren Unterhaltungskosten um 73,5% geringer waren. An Arbeitslöhnen ergab sich eine Ersparnis von 63%, die Aufwendungen bezogen auf 1 km unter Berücksichtigung des Kapitaldienstes stellten sich um 7% niedriger als beim Dampfbetrieb. Diese Ergebnisse sollen sich noch günstiger gestalten, wenn bei weiterer Ausdehnung des elektrischen Betriebes die volle zugesicherte Stromabnahme aus dem bahnfremden Kraftwerke wird erfolgen können.

Für den weiteren Umbau sind zunächst die von Barcelona ausgehenden Strecken nach Manresa (64 km) und nach San Juan de las Abadesa (106 km) geplant. Die Gesellschaft der Baskischen Eisenbahnen beabsichtigt den noch nicht elektrifizierten Teil der Linie Bilbao-San Sebastian für elektrischen Betrieb umzubauen[2]).

Obwohl der gebirgige Charakter des Landes, die starken Steigungen der Eisenbahnlinien und der Reichtum an ausbaufähigen Wasserkräften eine Elektrifizierung der Bahnen günstig erscheinen lassen, und obwohl man schon oft und viel von einer Gesamtelektrifizierung der Bahnen gesprochen hat, ist bisher noch keine längere Strecke und kein einheitliches Netz auf elektrischen Betrieb umgestellt worden. Dies hat seine Ursache einmal darin, daß die Bahnlinien einer großen Zahl von Privatgesellschaften gehören, die meist ihren Sitz im Auslande haben und einzeln nicht kapital-

[1]) Zeit. d. Vereins Deutscher Eisenbahnverw. 67. Jahrgang, S. 315.
[2]) Zeitung d. Vereins Deutsch. Eisenbahnverw. 66 Jahrg., S. 1365.

kräftig genug für ein solches Beginnen sind, zum anderen in der Tatsache, daß auf dem wenig einheitlichen und noch sehr unvollkommen ausgebauten Bahnnetz des Landes der Verkehr, von einigen wenigen Ausnahmen abgesehen, außerordentlich gering ist.

Portugal.

In Portugal sind trotz der Kohlenarmut und des Reichtums an Wasserkräften noch keine Vollbahnelektrifizierungen vorgenommen worden. Dies liegt zum Teil daran, daß sich die Bahnen in den Händen von Privatgesellschaften befinden, die mit ausländischem, vor allem französischem und englischem Kapital arbeiten, und z. B. England ein Interesse daran hat, auch weiterhin seine Kohle in Portugal günstig abzusetzen. Im Laufe des Jahres 1926 sollte die erste Bahn auf elektrischen Betrieb umgestellt werden; von der Ausführung dieses Planes ist jedoch noch nichts bekannt geworden.

Rußland.

Im europäischen Rußland der Vorkriegszeit war wiederholt von Elektrifizierungsplänen die Rede. Die Vorschläge der „Kommission für neue Eisenbahnlinien" für die Strecke von den Imatrafällen im finnischen Gouvernement Wiborg nach Petersburg (etwa 200 km) im Jahre 1902, der „Gesellschaft der Krim'schen Eisenbahnen" für die Bahn Jalta—Bachtschissarai im Jahre 1903, der „Direktion der Katharinenbahn" für 6 Linien, die von Debalzewo im Donezgebiet ausgehen, im Jahre 1907, des „Kongresses der Vorstände der Eisenbahnverwaltungen" für die von Petersburg nach Moskau, Warschau, Odessa und Sewastopol führenden Hauptstrecken im Jahre 1908 kamen jedoch alle nicht zur Annahme und Ausführung. Die Verwirklichung eines 1914 ausgearbeiteten Entwurfes für die Einführung elektrischer Zugförderung zwischen Petersburg, Peterhof und Oranienbaum wurde durch den Ausbruch des Weltkrieges verhindert.

Die Union der Sozialistischen Sowjet-Republiken (U. d. S. S. R.) ist seit einer Reihe von Jahren bemüht, die unheilvollen Zustände der Kriegs- und Revolutionsperiode zu beseitigen und die Wirtschaft des Landes wieder aufzurichten. Um vor allem die Industrie zu beleben und weiter auszubauen und um sie leistungsfähiger und wettbewerbsfähig zu machen, hat sie ein äußerst umfangreiches Landeselektrifizierungsprogramm in Angriff genommen. Der auf dem VIII. Sowjet-Kongreß im Dezember 1920 vorgelegte

und angenommene Plan sieht den Bau von 30 elektrischen Überlandzentralen mit einer Gesamtleistung von 1|383000 kW vor, wodurch eine weitgehende Ausnutzung der vorhandenen Energievorräte herbeigeführt werden soll. In neun Fällen soll die Wasserkraft verwertet werden, in 21 Dampfkraftwerken soll Kohle, Holz, Torf, Schiefer und Naphta zur Verfeuerung gelangen. Von den über die ganze Union verteilten Kraftstationen sollen die Werke Swirskaja Nr. 2 (am Flusse Swir, etwa 250 km von Leningrad), Belgorodskaja (bei der Stadt Belgorod, Gouvernement, Kurskoi), Nische—Gorodskaja (bei der Stadt Balachna), Sterowskaja (bei Sterowsko im Donez-Gouvernement), Kieselowskaja (in der Nähe der Station Gubacha im Permskoi-Gouvernement), Tschusowskaja (am Flusse Tschusowa), Kubanskaja (am Oberlauf des Flusses Kuban) und Zarizinskaja (bei Zarizin) auch der Lieferung von Bahnstrom für die in der Nähe der Werke gelegenen und auf elektrischen Betrieb umzustellenden Bahnen dienen.

Durch eine Verordnung von 1921 sind für die Umstellung außer den Vorortbahnen von Moskau und Leningrad die Strecken

Leningrad—Moskau—Donbass—Mariupol—Kriwi Rog—Lichaja—Zarizin
Moskau—Nischnij Nowgorod
und Perm—Tschusowskaja—Tjagil
mit dem Abzweig Tschusowskaja—Solewarni

vorgesehen. Ein genauer Plan für den Ausbau der Oktoberbahn (Moskau—Leningrad) ist im Sommer 1926 ausgearbeitet worden. Für die Inangriffnahme der Arbeiten auf dieser Strecke sind im Rechnungsjahr 1926/27 13 Mill. Rubel bewilligt worden[1]). Nach einer Mitteilung des „Boten der Verkehrsanstalten" sollen die Strecken Moskau—Kunzewo (12 km) bis 1928 und Kunzewo—Golizyno (32 km) der Moskau—Bolewss-Baltischen Bahn bis 1930 und die Strecke Moskau—Mytischtschi (19 km) der Nordbahn bis 1927 fertiggestellt werden[2]).

Inzwischen ist am 15. 5. 1926 als erste elektrisch betriebene Eisenbahn der U. d. S. S. R. die kurze Strecke Baku—Sabuntschi (8 km) eröffnet worden[3]).

---

[1]) Deutsche Allg. Zeitung v. 25. 8. 26 u. Eildienst Osteuropa v. 23. 8. 26.
[2]) Zeit. d. Vereins Deutsch. Eisenbahnverw. 66. Jahrg. S. 1236.
[3]) Eildienst Osteuropa v. 17. 5. 26.

Finnland.

Von den beim Zerfall des ehemaligen Russischen Reiches in seinem westlichen Grenzgebiet neugebildeten Republiken hat bisher nur Finnland die Umstellung einiger Eisenbahnlinien auf elektrischen Betrieb in Aussicht genommen. Der Süden Finnlands ist gegenüber dem waldreichen Norden außerordentlich arm an natürlichen Brennstoffen; ihm stehen dafür eine ganze Reihe ausnutzbarer Wasserkräfte zur Verfügung, so daß die Gewinnung elektrischer Energie, die nicht nur der Versorgung der Eisenbahn, sondern auch der Industrie der dichter besiedelten finnischen Fels- und Seenplatte dienen könnte, durchaus vorteilhaft erscheint. Man hat zunächst an die Umstellung des Bahnnetzes südlich der Strecke Elisenvaara—Jyväskylä —Haapemäki auf elektrischen Betrieb gedacht. Es kommen in erster Linie in Frage die Strecken

Riikimäki—Wiborg
Helsingfors—Riikimäki
und Helsingfors—Abo.

Im Anschluß an diese sollen dann die nördlich von ihr liegenden Teilstrecken ausgebaut werden.

Tschechoslowakei.

Nach Ausrufung der Tschechoslowakischen Republik am 28. Oktober 1918 in Prag übernahm der Staat zunächst nur die Linien der ehemals österreichischen Bahnen; durch Verstaatlichung kamen zu diesen am 1. Januar 1923 die Linien der Buschtehrader Eisenbahn (493 km), am 15. Juli 1923 die der Aussig-Teplitzer Eisenbahn (727 km) hinzu. (Über die Verstaatlichung der Kaschau-Oderberger Bahn, die seit 1. Januar 1921 vom Staate betrieben werden, schweben noch Verhandlungen mit Ungarn.) Für das auf diese Weise zusammengesetzte Netz der tschechoslowakischen Bahnen ist ein Elektrifizierungsprogramm ausgearbeitet worden, dessen Durchführung man bereits in Angriff genommen hat.

Mit den Vorstudien für die Vollbahnelektrifizierung begann man bald nach der Unabhängigkeitserklärung im Jahre 1918. Auf Grund der Untersuchungen der eigenen Strecken und der Besichtigung der wichtigsten elektrisch betriebenen Bahnen Europas wurde ein Programm aufgestellt, das zunächst die Umstellung aller von Prag ausgehenden Strecken auf 50—60 km Entfernung auf elektrischen Betrieb umfaßte. Im Anschluß an die beiden bereits elektrisch betriebenen vollspurigen Lokalbahnen

Tabor—Bechyne 24 km (seit 1903)
und Certlov—Lipno 23 km (seit 1911)

und nach dem Vorschlage der Studienkommission entschied man sich für Gleichstrom mit 1500 Volt Spannung. Die Energiebeschaffung soll durch eine bereits vorhandene im Braunkohlenrevier gelegene Überlandzentrale (Ervenice) und durch ein zu errichtendes Wasserkraftwerk a. d. Moldau erfolgen. Man hofft, bis Anfang 1928 dieses erste Teilprogramm durchgeführt zu haben. Für die späteren Jahre ist noch kein definitiver Plan aufgestellt worden, doch wird man aller Voraussicht nach in erster Linie die Strecke Prag—Ceska Trebova (160 km) in Angriff nehmen[1]).

Polen.

Nach einer Warschauer Meldung[2]) zeigte das englische Kapital vor einiger Zeit großes Interesse für Investitionen in Polen. Die englische Finanzierungsgesellschaft Power & Traction beabsichtigte ein elektrisches Bahnnetz in Polen zu bauen. Die eine der Linien soll die Stadt Warschau mit ihrer Umgebung verbinden, die zweite, welche für die Industrie Polens von größerer Bedeutung ist, soll das Dombrauer Kohlengebiet mit dem von Krakau verbinden. Die zum Bau dieses Netzes notwendigen Maschinen wie auch die Maschinen für die zu errichtenden Kraftwerke in Sossnowitz, Dombrowa und Pruskow sollen aus England geliefert werden.

Rumänien.

Die rumänische Regierung setzte im Jahre 1925 eine Kommission ein, die sich im Zusammenhang mit dem Energiegesetz mit der Frage der Elektrifizierung der Eisenbahnen befassen sollte. Gleichzeitig wurden mehrere Fachleute aus Frankreich, Italien und der Schweiz eingeladen, an den Verhandlungen teilzunehmen. Dieser Einladung wurde insbesondere von seiten eines Schweizer Konsortiums Folge geleistet, das in erster Linie die Umstellung der verkehrsreichen Strecke Ploesti-Kronstadt über die Transsilvanischen Alpen ins Auge faßte und sich auch eingehend mit dem dazu erforderlichen Ausbau von Wasserkräften beschäftigte[3]).

---

[1]) Berichterstattung II, S. 1368, 1374.
[2]) Zeit. d. Ver. Deutsch. Eisenbahnverw. 66. Jahrg., S. 158.
[3]) Deutsche Tagespost, Hermannstadt, v. 29. 8. 25 und 14. 10. 25. und Banater Deutsche Zeitung v. 17. 7. 25.

Bulgarien.

Bulgarien, das reichliche Lager bester Braunkohle und hochwertigen Anthrazits besitzt, die für die Deckung des Inlandbedarfes fast vollständig ausreichen, hat bisher nur auf einer Vorortbahn von Sofia (nach Kniajevo) elektrischen Betrieb eingeführt und sich mit größeren Elektrifizierungsplänen noch nicht befaßt.

Griechenland.

In Griechenland hat die Eisenbahngesellschaft Athen—Piräus die Elektrifizierung ihrer Bahn in Angriff genommen. Die Finanzierung dieses Planes erfolgte durch eine Anleihe von 400000 Pfund Sterling, die der Gouverneur der Griechischen Nationalbank bei seiner Reise nach London im Sommer 1926 aufgenommen hat. Die Staatsbahnen haben noch keine Elektrifizierung vorgesehen.

Die übrigen europäischen Staaten.

In den übrigen, bisher nicht behandelten Staaten Europas, d. h. also in Lettland, Estland, Litauen, Jugoslawien, Albanien, Serbien und Luxemburg sind bis zur Zeit weder Vollbahnen elektrifiziert noch irgend welche diesbezüglichen Pläne erörtert worden. In diesen Staaten hat ebenso wie in einigen oben besonders behandelten, in denen die Vollbahnelektrifizierung über unbedeutende Anfänge noch nicht hinausgekommen ist, der Eisenbahnverkehr nicht die Bedeutung für die Volkswirtschaft des betreffenden Landes erreicht, daß eine Steigerung der Leistungsfähigkeit der Bahnen erforderlich erschiene und daß auch in Bezug auf die Energiewirtschaft des Landes eine Umstellung auf elektrischen Betrieb besondere Vorteile gegenüber dem Dampfbetriebe versprechen würde.

Schlußwort.

Alle größeren Staaten Europas haben seit dem Ende des 19. und dem Anfang des 20. Jahrhunderts die Elektrifizierung eines Teils ihrer Vollbahnen in Angriff genommen und ganz besonders seit dem Kriege die Ausdehnung des elektrischen Zugbetriebes gefördert. Am weitesten ist auf diesem Wege die Schweiz vorgeschritten, die bereits die Hälfte ihres Bahnnetzes elektrisch betreibt und die Gesamt-

elektrifizierung ihrer Bahnen plant; in allen übrigen Ländern beschränkt sich der Anteil der elektrisch betriebenen Strecken an dem Gesamtnetz der Bahnen auf wenige Prozent. Diese Tatsache bestätigt die Schlußfolgerung aus den Untersuchungen über die wirtschaftliche Bedeutung der elektrischen Zugförderung, daß der elektrische Betrieb lediglich unter ganz bestimmten Voraussetzungen, die nur in Einzelfällen gegeben sind, dem Dampfbetriebe überlegen ist und daher nur als Ergänzung und in Verbindung mit diesem von Bedeutung sein kann.

Literatur.

Acworth, William, M. Grundzüge der Eisenbahnwirtschaftslehre, übersetzt von Wittek, Wien 1926.

Archiv für Eisenbahnwesen, herausgegeben in der Hauptverwaltung der Deutschen Reichsbahn-Gesellschaft, Berlin.

Becker, Karl, Die Elektrizität im Eisenbahnbetrieb, 2. Aufl., Berlin 1922.

Bericht der Schweizerischen Studienkommission für elektrischen Bahnbetrieb, Heft 3/4, Zürich 1914/15.

Bluhm, Otto, Der Weltverkehr und seine Technik im 20. Jahrhundert, 2 Bände, 1921.

Borght, van der, Das Verkehrswesen, Leipzig 1925.

Denkschrift des Preußischen Ministers der öffentlichen Arbeiten vom Jahre 1909.

Dehne, Gerhard, Die Deutsche Elektrizitätswirtschaft, Stuttgart 1926.

Esch, Ernst, Über den Einfluß der Geschwindigkeit der Beförderung auf die Selbstkosten der Eisenbahn, Berlin 1911.

Halbfaß, Das Wasser im Wirtschaftsleben des Menschen, Frankfurt a. Main, 1911.

Hoff, Kumbier, Anger, Das Deutsche Eisenbahnwesen der Gegenwart, 2 Bände, Berlin, 1. Auflage 1911.

Heisterbergk, Erwin, Verkehrsschätzung und Verkehrszählung als Grundlage für die Ertragsberechnung von Schnellbahnen, Berlin 1925.

Klingenberg, G., Elektrotechnik, im amtl. Katalog der Ausstellung des Deutschen Reiches auf der Weltausstellung in St. Louis 1904, herausgegeben vom Reichskommissar Lewald, Berlin 1904.

Lomonossoff, G., Die Dieselelektrische Lokomotive, übersetzt von Mongrovius, Berlin 1924.

Mitteilungen der Schweizerischen Studienkommission für elektrischen Bahnbetrieb, Heft 1—4, Zürich 1906—1912.

Petroff, Peter u. Irma, Die wirtschaftliche Entwicklung der Sowjet-Union, Berlin 1926.

Reichel, W., Gestaltung elektrischer Lokomotiven in „Die Eisenbahntechnische Tagung und ihre Ausstellungen 1924", Berlin 1925.

Reichsbahnhandbuch 1927, bearbeitet in der Hauptverwaltung der Deutschen Reichsbahngesellschaft, Berlin 1927.

Röll, Enzyklopädie des Eisenbahnwesens.

Sax, E. Die Verkehrsmittel in Volks- und Staatswirtschaft, 3. Teil: Die Eisenbahnen, 2. Auflage, Berlin 1922.

Sarter u. Kittel. Die neue Deutsche Reichsbahngesellschaft und ihr Wirken, Berlin 1924.

Seefehlner, E. E. Elektrische Zugförderung, 2. Auflage, Berlin 1922.

Sympher, Die Wasserwirtschaft in Deutschland und ihre neuen Aufgaben, Berlin 1921.

Signorel, Jean, L' Élektrification des grandes lignes de chemin de fer, Paris-Nancy 1911.

Schmitt, Franz August, Elektrizitätsindustrie und Elektrizitätswirtschaft, im Handwörterbuch der Staatswissenschaften, 4. Auflage, 3. Band.

Schultz, Bruno, Die volkswirtschaftliche Bedeutung der Eisenbahnen, Jena 1922.

Steiner, E, Die viertuellen Längen bei elektrisch betriebenen Bahnen, Zürich 1919.

Transactions of the World-Power-Conference, Basle, Sectionel Meeting 1926, Basel 1927, 2 Bände. (citiert als Berichterstattung).

Trautvetter, Karl, Linienführung elektrischer Bahnen, Berlin 1920.

„ „ Das Deutsche Verkehrswesen, i/Archiv für Eisenbahnwesen 1920.

The Encyclopaedia Britannica, London 1922.

Ungarisches Wirtschaftsjahrbuch, 2. Jahrgang, 1926, herausgegeben von Gustav Gratz, Budapest-Wien 1926.

Wechmann, Wilhelm, Der elektrische Zugbetrieb der Deutschen Reichsbahn, Berlin 1924.

Zinssmeister, J., Die Wirtschaftsfrage im Eisenbahnwesen, Leipzig 1905.

Statistisches Jahrbuch für das Deutsche Reich, hrsg. vom Stat. Reichsamt.

Wirtschaft und Statistik, herausgegeben vom Stat. Reichsamt.

Statistische Nachrichten von den Eisenbahnen des Vereins Deutscher Eisenbahnverwaltungen für das Rechnungsjahr 1924, hrsg. von der Geschäftsführenden Verwaltung des Vereins. 65. Jahrgang. Berlin 1927.

Statistische Nachrichten der Deutschen Reichsbahngesellschaft (in Karten monatlich).

Statistisches Handbuch für die Republik Oesterreichs, hrsg. vom Bundesamt für Statistik, VII. Jahrgang, Wien 1926.

Statistisches Jahrbuch der Schweiz, hrsg. vom Eidgenössischen Statistischen Büro, 32. Jahrg. 1923.

Zeitung des Vereins Deutscher Eisenbahnverwaltungen.

Verkehrstechnische Woche.

Zeitschrift für Verkehrswissenschaft.

Die Reichsbahn.

Elektrotechnische Zeitschrift.

Elektrotechnik und Maschinenbau.

Elektrische Bahnen.

Zeitschrift des Vereins Deutscher Ingenieure.

Deutsche Allgemeine Zeitung.

Industrie- und Handelszeitung.

Lebenslauf.

Am 13. Juni 1903 zu Brockau Kreis Breslau (Schlesien) als Sohn des jetzigen Technischen Reichsbahn-Obersekretärs Stephan Radaj und seiner Ehefrau Klara geb. Kröker geboren und nach römisch-katholischem Bekenntnisse getauft, besuchte ich zunächst die Volksschule in Brockau und Breslau bis zur 4. Klasse, dann die Ev. Realschule II in Breslau bis zur Einjährigen-Prüfung (Ostern 1919) und schließlich die Gerhart Hauptmann Oberrealschule in Breslau bis zur Reifeprüfung (Ostern 1922). Im Anschluß daran absolvierte ich meine Lehrzeit in einem Breslauer Bankhause und bezog gleichzeitig die Schlesische Friedrich-Wilhelms-Universität zu Breslau, an der ich nach mehrsemestrigem Studium der Rechts- und Staatswissenschaften am 15. Juni 1926 das Diplomvolkswirte-Examen und am 14. Juli 1927 die mündliche Doktorprüfung ablegte.

Buchdruckerei OTTO MUSIL, Königszelt